



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA ZOOTÉCNICA

“DETERMINACIÓN IN SITU DE LA EDAD Y HORA ÓPTIMA DE CORTE SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE CARBOHIDRATOS SOLUBLES EN ALFALFA MORADA (*Medicago sativa*)”

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: TRABAJO EXPERIMENTAL

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA ZOOTECNISTA

AUTOR: GUARANGA MAGI AURORA AMPARITO

DIRECTOR: ING. JIMÉNEZ YÁNEZ SANTIAGO FAHUREGUY Mgs.

Riobamba-Ecuador

2019

DERECHO DE AUTENTICIDAD

©2019, Aurora Amparito Guaranga Magi

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA ZOOTÉCNICA

El tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo experimental: “Determinación in situ de la edad y hora óptima de corte sobre la concentración de carbohidratos solubles en alfalfa morada (*Medicago sativa*)”, de responsabilidad de la señorita Aurora Amparito Guaranga Magi, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Andino Nájera Pablo Rigoberto Mgs.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Ing. Jiménez Yáncz Santiago Fahureguy Mgs.

**DIRECTOR DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**



Ing. Fiallos López Marco Bolívar Mgs.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Aurora Amparito Guaranga Magi soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este trabajo y el patrimonio intelectual del Trabajo de titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Aurora Amparito Guaranga Magi



060577649-1

DEDICATORIA

A:

Mis padres Marco Vinicio Guaranga Allauca y María Beatriz Magi Allauca, por estar siempre conmigo apoyándome, aconsejándome, dándome ánimos y fuerza para seguir adelante.

Mis hermanitos, Erick, Jordán y William a quienes los amo mucho, porque fueron mi pilar fundamental para llegar a culminar mi carrera, ellos han estado conmigo en todo momento, porque a pesar de sus cortas edades me han sabido ayudar cuando yo más lo he necesitado.

Mis abuelit@s, tí@s y Prim@s, por regalarme alegría, bríndame su apoyo y confiar en mí.

Mis amig@s en especial a Vanessa y Guisel, con quienes hemos compartido muchas experiencias buenas y malas desde el colegio y nunca me han dejado sola.

Aurora Amparito Guaranga Magi

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi Dios por regalarme todos los días la vida, por darme resistencia y fortaleza en cada obstáculo presentado y sobre todo por estar acompañándome en cada paso que doy.

A toda mi familia, en especial a mis padres y hermanos Marco, María Beatriz, Erick, Jordán y William, por brindarme su cariño y amor, su incondicional apoyo y por estar siempre pendientes de mí.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por a ver impartido diferentes conocimientos a lo largo de mi vida estudiantil.

A mis tutores Ing. M.C. Jiménez Yáñez Santiago Fahureguy e Ing. M.C. Marco Bolívar Fiallos López, por compartir conmigo sus conocimientos en el desarrollo del trabajo de titulación.

Aurora Amparito Guaranga Magi

CONTENIDO

PORTADA	i
DERECHO DE AUTENTICIDAD	ii
CERTIFICACIÓN	iii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRAC	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I.	
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	3
1.1. Alfalfa morada	3
1.1.1. Descripción	3
1.1.2. Origen, distribución y clasificación taxonómica	3
1.1.3. Composición química y características morfológicas	4
1.1.3.1. Raíz.....	5
1.1.3.2. Tallo.....	5
1.1.3.3. Hojas.....	5
1.1.3.4. Flores.....	5
1.1.3.5. Fruto	5
1.1.4. Requerimiento edafoclimaticos	5
1.1.5. Manejo agronómico.....	6
1.1.5.1. Siembra.....	6

1.1.5.2.	<i>Malezas</i>	7
1.1.5.3.	<i>Plagas y enfermedades</i>	7
1.1.5.4.	<i>Riego</i>	8
1.1.5.5.	<i>Corte</i>	9
1.1.5.6.	<i>Exigencias nutricionales y fertilización</i>	9
1.1.5.7.	<i>Usos</i>	10
1.2.	Carbohidratos	11
1.2.1.	<i>Generalidades</i>	11
1.2.2.	<i>Clasificación</i>	11
1.2.2.1.	<i>Carbohidratos no estructurales (CNE)</i>	12
1.2.2.2.	<i>Carbohidratos estructurales (CE)</i>	12
1.2.3.	<i>Carbohidratos solubles en la biología de la alfalfa</i>	13
1.2.4.	<i>Metabolismo de energía de los CNE</i>	14
1.3.	Grados Brix (°Bx)	14
1.3.1.	<i>Beneficios de altos grados Brix en las plantas</i>	14
1.4.	Refractómetro digital	15
1.4.1.	<i>Historia, definición y características</i>	15
1.4.2.	<i>Especificaciones</i>	16
1.4.3.	<i>Calibración</i>	16
1.4.4.	<i>Mediciones</i>	17
1.4.5.	<i>Escala de mediciones</i>	17

CAPITULO II.

2.	MARCO METODOLÓGICO	18
2.1.	Localización y duración del experimento	18
2.2.	Unidades experimentales	18
2.3.	Materiales, equipos e instalaciones	19
2.3.1.	<i>Materiales</i>	19
2.3.2.	<i>Equipos</i>	20
2.3.3.	<i>Instalaciones</i>	20
2.4.	Tratamiento y diseño experimental	20

2.5.	Mediciones experimentales	21
2.6.	Análisis estadísticos y pruebas de significancia	22
2.6.1.	<i>Esquema del ADEVA</i>	22
2.7.	Procedimiento experimental	22
2.7.1.	<i>Descripción del experimento</i>	22
2.8.	Metodología de la evaluación.....	23
2.8.1.	<i>Cobertura basal (%)</i>	23
2.8.2.	<i>Cobertura aérea (%)</i>	23
2.8.3.	<i>Altura de la planta (cm)</i>	23
2.8.4.	<i>Determinación de Carbohidratos solubles (*Bx)</i>	24
2.8.5.	<i>Producción de biomasa verde (t/FV/ha/corte)</i>	24
2.8.6.	<i>Producción de materia seca (t/MS/ha/corte)</i>	24
2.8.7.	<i>Análisis Proximal</i>	24
2.8.8.	<i>Indicador beneficio/costo (\$)</i>	25

CAPITULO III.

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
3.1.	Comportamiento agrobotánico y bromatológico de la alfalfa morada nacional (<i>Medicago sativa</i>), a diferentes edades y horas de corte	26
3.1.1.	<i>Cobertura basal (%)</i>	26
3.1.2.	<i>Cobertura aérea (%)</i>	32
3.1.3.	<i>Altura de la planta (cm)</i>	34
3.1.4.	<i>Carbohidratos solubles (*Bx)</i>	36
3.1.5.	<i>Producción de biomasa verde (t/FV/ha/corte)</i>	42
3.1.6.	<i>Producción de materia seca (t/MS/ha/corte)</i>	44
3.1.7.	<i>Humedad (%)</i>	46
3.1.8.	<i>Proteína (%)</i>	46
3.1.9.	<i>Extracto etéreo (%)</i>	46
3.1.10.	<i>Cenizas (%)</i>	47
3.1.11.	<i>Fibra (%)</i>	47

3.2.	Evaluación económica.....	49
	CONCLUSIONES.....	51
	RECOMENDACIONES.....	52
	BIBLIOGRAFÍA.....	53
	ANEXOS.....	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1	Clasificación taxonómica de la alfalfa morada	4
Tabla 2-1	Composición química de la alfalfa morada	4
Tabla 3-1	Densidad de siembra de la alfalfa morada	6
Tabla 4-1	Interpretación de grados Brix en un cultivo.	15
Tabla 5-1	Especificaciones del refractómetro digital	16
Tabla 6-1	Escala de mediciones de grados Brix	17
Tabla 1-2	Condiciones meteorológicas de la zona	18
Tabla 2-2	Esquema del experimento	21
Tabla 3-2	Esquema del ADEVA	22
Tabla 4-2	Escala de mediciones de grados Brix	24
Tabla 1-3	Comportamiento agrobotánico de la alfalfa morada nacional (<i>Medicago sativa</i>), a diferentes edades de corte.	27
Tabla 2-3	Comportamiento agrobotánico de la alfalfa morada nacional (<i>Medicago sativa</i>), a diferentes horas de corte.	29
Tabla 3-3	Comportamiento agrobotánico de la alfalfa morada nacional (<i>Medicago sativa</i>), a diferentes edades y horas de corte.	31
Tabla 4-3	Composición bromatológica de la alfalfa morada nacional (<i>Medicago sativa</i>), a diferentes edades y horas de corte.	48
Tabla 5-3	Evaluación económica de la alfalfa morada nacional (<i>Medicago sativa</i>), en respuestas a diferentes horas de corte	50

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3	Cobertura basal de la alfalfa morada nacional (<i>Medicago sativa</i>), a diferentes edades de corte.	26
Gráfico 2-3	Cobertura basal de la alfalfa morada nacional (<i>Medicago sativa</i>), a diferentes horas de corte.	28
Gráfico 3-3	Cobertura aérea de la alfalfa morada nacional (<i>Medicago sativa</i>), a diferentes edades de corte.	32
Gráfico 4-3	Cobertura aérea de la alfalfa morada nacional (<i>Medicago sativa</i>), a diferentes horas de corte.	33
Gráfico 5-3	Altura de la alfalfa morada nacional (<i>Medicago sativa</i>), a diferentes edades de corte.	34
Gráfico 6-3	Altura de la alfalfa morada nacional (<i>Medicago sativa</i>), a diferentes horas de corte.	35
Gráfico 7-3	Concentración de carbohidratos solubles de la alfalfa morada nacional (<i>Medicago sativa</i>), a diferentes edades de corte.	36
Gráfico 8-3	Concentración de carbohidratos solubles de la alfalfa morada nacional (<i>Medicago sativa</i>), a diferentes horas de corte.	37
Gráfico 9-3	Concentración de carbohidratos solubles de la alfalfa morada nacional (<i>Medicago sativa</i>), a la edad de 45 días a diferentes horas de corte.	39
Gráfico 10-3	Concentración de carbohidratos solubles de la alfalfa morada nacional (<i>Medicago sativa</i>), a la edad de 60 días a diferentes horas de corte.	40
Gráfico 11-3	Regresión a los 45 días de edad sobre la concentración de carbohidratos solubles de la alfalfa morada nacional (<i>Medicago sativa</i>), a diferentes horas de corte.	41

Gráfico 12-3	Regresión a los 60 días de edad sobre la concentración de carbohidratos solubles de la alfalfa morada nacional (<i>Medicago sativa</i>), a diferentes horas de corte.	41
Gráfico 13-3	Producción de biomasa verde de la alfalfa morada nacional (<i>Medicago sativa</i>), a diferentes edades de corte.	42
Gráfico 14-3	Producción de biomasa verde de la alfalfa morada nacional (<i>Medicago sativa</i>), a diferentes horas de corte.	43
Gráfico 15-3	Producción de materia seca de la alfalfa morada nacional (<i>Medicago sativa</i>), a diferentes edades de corte.	44
Gráfico 16-3	Producción de materia seca de la alfalfa morada nacional (<i>Medicago sativa</i>), a diferentes horas de corte.	45

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1** Análisis estadístico de la cobertura basal (%) de la alfalfa morada (*Medicago sativa*), a diferentes edades y horas post corte.
- Anexo 2** Análisis estadístico de la cobertura aérea (%) de la alfalfa morada (*Medicago sativa*), a diferentes edades y horas post corte.
- Anexo 3** Análisis estadístico de la altura de la planta (cm) de la alfalfa morada (*Medicago sativa*), a diferentes edades y horas post corte.
- Anexo 4** Análisis estadístico del contenido de carbohidratos solubles (°Bx) de la alfalfa morada (*Medicago sativa*), a diferentes edades y horas post corte.
- Anexo 5** Análisis estadístico de la producción de biomasa verde (t/FV/ha/corte) de la alfalfa morada (*Medicago sativa*), a diferentes edades y horas post corte.
- Anexo 6** Análisis estadístico de la producción de la materia seca (t/MS/ha/corte) de la alfalfa morada (*Medicago sativa*), a diferentes edades y horas post corte.

RESUMEN

Determinamos la edad y hora óptima de corte sobre la concentración de carbohidratos solubles de la alfalfa morada (*Medicago sativa*), mediante un refractómetro digital, realizado en el barrio San Martín de Veranillo km 1 ½ vía a Baños, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. La investigación se realizó con 12 tratamientos, con 4 repeticiones, a la edad de 45 y 60 días, a las 08h00, 10h00, 12h00, 14h00, 16h00, y 18h00, el tamaño de las unidades experimentales fueron de 3x4 metros, con un total de 48 unidades experimentales, en una superficie de total de 576 m². La metodología para la distribución de los tratamientos se realizó mediante un Diseño de Bloques Completamente al Azar, con relación a la edad 45 y 60 días, (Factor A), y de hora de corte 08h00, 10h00, 12h00, 14h00, 16h00 y 18h00, (Factor B), bajo un arreglo bifactorial. Los resultados reportan que la mayor concentración de carbohidratos solubles se obtuvo a los 60 días de edad con 17.46 grados Brix, (°Bx), asociado con la hora de corte óptima que fue a las 12h00 con una concentración de 17.43 grados Brix, (°Bx), de esta manera se concluyó que a mayor edad y conforme a las horas del día, mayor será la concentración de carbohidratos solubles, el mejor beneficio/costo se registró a las 08h00 de cosecha con 1.61, por lo tanto se recomienda realizar el corte de *Medicago sativa* a las 12h00 y 14h00, debido a que se presentó la mayor concentración de carbohidratos y una buena calidad bromatológica.

PALABRAS CLAVES

<CARBOHIDRATOS SOLUBLES> <ALFALFA MORADA (*Medicago sativa*)>
<REFRACTÓMETRO DIGITAL> <EDAD DE CORTE> <CARRERA DE ZOOTECNIA>
<BARRIO SAN MARTÍN DE VERANILLO>



REVISADO

Tec. Sup. Estuardo Revelo M.
(ANALISTA DE BIBLIOTECA 1)

10-07-2019

ABSTRACT

We determined the age and optimal cutting hour on the concentration of soluble carbohydrates of purple alfalfa (*Medicago sativa*), by means of a digital refractometer, carried out in the “San Martín de Veranillo” neighborhood km 1 1/2 via Baños, Riobamba canton, Chimborazo province. The investigation was carried out with 12 treatments, with 4 repetitions, at the age of 45 and 60 days, at 08h00, 10h00, 12h00, 14h00, 16h00 and 18h00, the size of the experimental units was 3x4 meters, with a total of 48 experimental units, on an area of 576 m². The methodology for the distribution of treatments was carried out through a Design of Blocks Completely Random, with relation to age 45 and 60 days, (Factor A), and cut-off time 08h00, 10h00, 12h00, 14h00, 16h00 and 18h00, (Factor B), low a two-factor arrangement. The results report that the highest concentration of soluble carbohydrates was obtained at 60 days of age with 17.46 degrees Brix, (°Bx), associated with the optimal cut off time that was at 12h00 with a concentration of 17.43 degrees Brix, (°Bx). In this way it concluded that the higher the age and according to the hours of the day, higher will be the concentration of soluble carbohydrates, the best benefit/cost was recorded at 08h00 harvest with 1.61. Therefore, it is recommended the cut of *Medicago sativa* at 12h00 and 14h00, because it was presented the highest concentration of carbohydrates and good bromatological quality.

KEYWORDS: <SOLUBLE CARBOHYDRATES>, <PURPLE ALFALFA (*Medicago sativa*)>, <DIGITAL REFRACTOMETER>, <CUT AGE>, <ZOOTECNIA CAREER>, <SAN MARTÍN DE VERANILLO NEIGHBORHOOD>.



INTRODUCCIÓN

En el Ecuador actualmente los pastos constituyen la fuente más básica y económica de alimentación para los rumiantes, proporcionan nutrientes como proteína, fibra, energía, vitaminas y minerales indispensables en la nutrición animal, por lo tanto influyen en la producción de leche, carne, lana, piel y abono, gracias a su aporte dentro de la cadena trófica, además su importancia radica en que ocupan aproximadamente el 29% del suelo de nuestro país. (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2018, p.1).

Debido al gran aporte de nutrientes que ofrecen las pasturas es necesario conocer el manejo que deben tener, así como su comportamiento fisiológico el cual está influenciado por aspectos como de la relación suelo, planta, animal y medio ambiente, es por esta razón que se debe manejar las pasturas de acuerdo a las condiciones medio ambientales donde la humedad y horas luz juegan un papel preponderante en el desarrollo y producción de pastos de calidad, para la alimentación animal.

Entre las especies que brindan mayor aporte de proteínas y minerales están las leguminosas, un ejemplo es la alfalfa morada (*Medicago sativa*), conocida también como la reina de las forrajeras, esta especie es muy utilizada en bovinos de leche a nivel de la Serranía Ecuatoriana debido a su alta adaptabilidad, valor nutritivo y altos niveles de producción, presentando numerosas ventajas como la facilidad de manejo, gran fijación de nitrógeno atmosférico, mejora de la estructura edáfica, resistencia a la salinidad, alcalinidad, con costos de producción mínimos, por periodos de dos a tres años con un buen manejo.

Los rumiantes como los bovinos, caprinos y ovinos, son especies que poseen cuatro compartimentos (retículo, rumen, omaso y abomaso), lo que les confiere la aptitud de convertir los diferentes elementos de las plantas en proteína, fibra, y carbohidratos, siendo este último un componente muy importante para el mantenimiento y producción de estas especies, su aporte energético en rumiantes proporciona la energía a la flora microbiana que se encuentra en el rumen, para la producción de leche, carne o lana.

En los pastos un elemento que se acumula en gran proporción son los carbohidratos solubles, los cuales se mantienen durante el día en niveles bajos, medios y altos, según la influencia de la radiación solar que estos reciben, la mayor parte de pastos de clima frío acumulan estos carbohidratos de reserva en la base de sus tallos y raíces, y son un indicador de la calidad y estos se los puede determinar mediante análisis de laboratorio.

Sin embargo en la actualidad existe un método práctico y rápido, un instrumento digital como es el refractómetro portátil, que mide el índice de refracción para determinar el % Brix, dicho instrumento mide con tan solo 2-3 gotas de jugo del pasto el índice de refracción y lo convierte en unidades de concentración % Brix (°Bx), es decir contenido de azúcares y la densidad de nutrientes presentes en un forraje. De esta manera el productor puede conocer de forma práctica e inmediata la calidad de pasturas y tomar las decisiones más acertadas para corregir algún problema en el sitio de producción.

Por lo anterior expuesto y al no existir estudios sobre la concentración de carbohidratos solubles en la alfalfa morada, se plantearon los siguientes objetivos:

- Establecer la edad y hora de corte óptima sobre la concentración de carbohidratos solubles en alfalfa morada (*Medicago sativa*) con un refractómetro digital, en época de invierno.
- Determinar la edad de corte (45 y 60 días), en la que se acumulan la mayor cantidad de carbohidratos solubles en *Medicago sativa*.
- Evaluar la hora de corte (08h00, 10h00, 12h00, 14h00, 16h00, 18h00), en la que se acumulan la mayor cantidad de carbohidratos solubles en *Medicago sativa*.
- Identificar la edad y hora óptima de corte sobre la concentración de carbohidratos solubles en alfalfa morada (*Medicago sativa*).

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Alfalfa morada

1.1.1. Descripción

La alfalfa morada conocida también como la reina de las forrajeras, aragón, alfaz, mielcas, su nombre científico es *Medicago sativa* es un cultivo que pertenece a la familia de las leguminosas, muy rica en proteína, minerales y vitaminas posee una altura que va desde los 30 a los 80 cm, con raíces profundas, tallos erectos y hojas trifoliadas, es una de las pasturas que más se utiliza en la alimentación de bovinos de leche en la zona de la sierra. (Pantaleón, 2016, p.7).

1.1.2. Origen, distribución y clasificación taxonómica

La alfalfa morada es una especie que fue utilizada originalmente para la alimentación de caballos tiene su origen en el Imperio Persa, en países como Turquía, Irak, Siria, Pakistán y Cachemira. (Flores, 2014, p.1).

Esta leguminosa tiene gran difusión a nivel de todo el mundo, mediante la obtención de información, un manejo adecuado así como también la utilización de diferentes fertilizantes como calcio, fósforo, potasio y boro, existe un marcado aumento de la cultivación de esta especie forrajera para la alimentación de animales zootécnicos, desde la llegada de los Europeos se cultiva la alfalfa en América. (Juscafresa, 2003; citado en Usca, 2015, p.23).

En lo que respecta a la clasificación taxonómica de la alfalfa morada, se detalla de la siguiente manera: (Pantaleón, 2016, p.7).

Tabla 1-1: Clasificación taxonómica de la alfalfa morada

Nombre científico	<i>Medicago sativa</i>
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Genero	Medicago
Especie	Sativa

Fuente: (Pantaleón, 2016, p.7)

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

1.1.3. Composición química y características morfológicas

La composición química de la alfalfa morada se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 2-1: Composición química de la alfalfa morada

Componente	Porcentaje
Humedad	9.9 %
Cenizas	10.6 %
Proteína bruta	17,4%
Extracto etéreo	2.7%
Grasa verdadera (% EE)	50%

Fuente: (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, 2016)

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

La alfalfa morada (*Medicago sativa*) es una planta perenne y vivaz de porte erecto que puede llegar a medir hasta unos ochenta centímetros (cm) de altura, esta especie soporta condiciones medio ambientales extremas y presenta las siguientes características morfológicas: (Flores, 2014, p. 1)

1.1.3.1. Raíz

Posee una raíz pivotante, robusta, larga y profunda que puede llegar a medir hasta 3 metros, además posee varias raíces secundarias las mismas que son utilizadas para captar los minerales del suelo. (Flores, 2014, p.1).

1.1.3.2. Tallo

Son delgados y erectos pero soportan el peso de las hojas y de las inflorescencias, están cubiertos de vellosidades blanquecinas, son estables por lo que la planta es adecuada para la siembra. (Flores, 2014, p. 1).

1.1.3.3. Hojas

Sus hojas son compuestas, trifoliadas con folios ovalados las primeras hojas con unifoliadas, los bordes superiores son dentados y los márgenes lisos. (Flores, 2014, p.1).

1.1.3.4. Flores

Son pequeñas miden un centímetro son de color purpura, de las axilas de las hojas nacen racimos con inflorescencias que miden 4 centímetros de longitud. (Flores, 2014, p.1)

1.1.3.5. Fruto

Es una legumbre de 4 a 7 mm sin espinas, que contiene de cuatro a seis semillas amarillentas que miden de 1.5 a 2.5 mm. (Flores, 2014, p.1).

1.1.4. Requerimiento edafoclimaticos

Se sabe que la alfalfa es una leguminosa con alta plasticidad pero existen algunas limitantes para su producción, requiere suelos fuertes, profundos y bien drenados. Uno de los factores limitantes en el cultivo de *Medicago sativa* es la acidez, un pH óptimo para esta planta es 7.2, a pesar que este cultivo soporta pH de valores que van desde 6 a 7.5, valores menores a 6,2 afectan la producción de este cultivo y se debe acudir al proceso de encalamamiento y fertilización. (Sommanico, 2018).

El suelo debe poseer 25ppm de fósforo, este es uno de los minerales principales para la buena producción del cultivo. Es muy sensible a la falta de oxigenación que ocurre con el anegamiento del suelo (Sommanico, 2018).

El clima aceptable para esta especie es el frío que posea una altitud entre 1800 y 3200 m.s.n.m., de igual forma la temperatura óptima depende de las variedades va desde 18-28 °C, teniendo como temperatura promedio anual de 15 °C, existen algunas variedades de alfalfa que soportan temperaturas extremas de hasta -10 °C. (Mundo pecuario, 2019).

La radiación solar es uno de los factores que influye positivamente en el cultivo de la leguminosa, el aumento o reducción de este factor favorece la técnica del presecado en el campo en las regiones más cercanas del Ecuador y de manera contraria dificulta el secado en las regiones más alejadas del Ecuador. La palidez de algunos tejidos, la reducción del tamaño de las hojas y la parada vegetativa, achaparrado de la alfalfa morada son algunos de los síntomas que se presentan en este cultivo por motivo de la salinidad, ya que el incremento o exceso de la salinidad provoca desequilibrios entre la raíz y parte aérea. (Infoagro, 2019, p.1).

1.1.5. Manejo agronómico

1.1.5.1. Siembra

Para establecer un cultivo de alfalfa morada la época adecuada de siembra es en marzo, abril y puede llegar hasta mayo, puesto que el riesgo de heladas que afectan a la planta es reducido, además la planta desarrolla su sistema radicular y almacena reservas para un alto nivel de producción, así reduce la presencia de malezas en el cultivo. (Arrieta y Romero, 2008: p. 10).

Tabla 3-1: Densidad de siembra de la alfalfa morada

Densidad de siembra (Kg/ha)				
	5	10	20	30
Verano	2.1	2.4	2.4	2.2

Fuente: (Rebuffo et al., 2000: p.11).

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

La profundidad de siembra depende del tipo de suelo, en un terreno rico en materia orgánica o denominada también como pesados la profundidad va desde 1-1,25 cm, mientras tanto que para terrenos áridos y ligeros la profundidad de siembra es de 2.5 cm., debido a la deficiencia de materia orgánica. (Segarra, 2005, p. 17).

Existen dos métodos de siembra lineal y al voleo, el método de siembra lineal consiste en ubicar la semilla a una profundidad uniforme y mejora el contacto de la semilla con el suelo, para este método de siembra se recomienda realizar a una profundidad de no más de 1-2 cm., mientras tanto que la siembra al voleo se utiliza solo cuando el suelo es húmedo, este método es menos eficiente, la siembra no se realiza a una profundidad uniforme y requiere mayores densidades de siembra. (Arrieta y Romero, 2008: p. 12).

1.1.5.2. Malezas

La presencia de malezas en un cultivo de alfalfa provoca reducción del rendimiento del forraje, producción de semillas, calidad de los fardos y persistencia del cultivo, el control de malezas del cultivos se realiza mediante labores culturales, el debilitamiento de las planta y retraso de crecimiento son consecuencias de la presencia de malezas en el cultivo. (Arrieta y Romero, 2008: p. 10).

Existen diferentes medidas preventivas para evitar la presencia de malezas; limpieza de la semilla, acequias, utilizar semillas certificadas, controlar el pastoreo de ganado. Existen algunos métodos de control; deshierbe de las parcelas y colocar fuera del cultivo, posteriormente aplicar arsenito sódico al 0.5%, aplicar Glisofato a bajas dosis de manera que elimine la cuscuta y no dañe el alfalfar y finalmente aplicar paraquat al 10 dicloruro a una dosis de 6 lt/ha. (Infoagro, 2019, p.2)

1.1.5.3. Plagas y enfermedades

Por lo general este cultivo no presenta numerosas plagas y enfermedades, las plagas más comunes y sin duda el peor enemigo de esta leguminosa son el gusano verde, pulgones, apión, pulguilla, cuca negra y pulmones. (Ecohortum, 2013). Es necesario monitorear frecuentemente para la aplicación de insecticidas ecológicos y/o naturales. (Sommantico, 2018).

Para el control de plagas se debe identificar correctamente los insectos u otras plagas, identificar los síntomas de la presencia de la plaga y conocer en qué etapa del cultivo o bajo qué condiciones climáticas actúa el insecto. Los insectos siempre están presentes incluso hay condiciones que favorecen el desarrollo de los mismos y se conviertan en un problema si no se da un buen manejo al cultivo. (Arrieta y Romero, 2008: p.30).

De igual manera existen enfermedades que se pueden agrupar de acuerdo a la edad que se encuentra el cultivo así como; enfermedades de la implantación causada por hongos de género *Pythium* y *phytophthora* ocasionando muerte de las plántulas, generalmente este hongo actúa cuando hay presencia de lluvia, humedad y bajas temperaturas del suelo. (Arrieta y Romero, 2008: pp.27-29).

Enfermedades foliares causada por hongos *leptosphaerulina*, *phoma*, *stemphylium* y *cercospora* no provocan la muerte de la planta, si no disminuyen la capacidad fotosintética, provocando la caída de las hojas, disminuye la calidad. Las enfermedades de la raíz y corona es ocasionada por hongos de género *fusarium*, *colletotricum*, y *sclerotinia* mismo que pueden ocasionar la muerte de la planta ya que reducen la capacidad de absorción de agua y nutrientes. (Arrieta y Romero, 2008: pp.27-29).

1.1.5.4. Riego

El primer riego de este cultivo se debe realizar por gravedad y de una manera muy lenta con el motivo de evitar el arrastre de semillas, si el riego es por aspersión de igual forma debe ser lento y uniforme de manera que el agua llegue a todas las semillas, posteriormente realizar tres riegos cada cuatro días de manera que se rompa la costra que se forma en el suelo, finalmente el riego se aplicará cada quince días. (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 2013, p. 2).

La cantidad de agua que requiere un cultivo de alfalfa depende de tres factores; de la capacidad de retención de agua que tiene el suelo, eficiencia del sistema de riego y la profundidad de las raíces, el sistema radicular es capaz de almacenar reservas de agua que pueden ser utilizadas en épocas bajas de riego y temperatura, es una planta resistente a la sequía por su sistema radicular, necesita un riego moderado ya que un exceso de agua puede ser letal para el cultivo y existir presencia de enfermedades es por ello que debe haber un buen drenaje de agua. (Ecohortum, 2013).

Al realizar riego por inundación, causa saturación del agua y baja la concentración de oxígeno en el suelo deteniendo el crecimiento de la alfalfa, con respecto al riego por aspersión y el riego por inundación permite un ahorro de agua de 30 y 50 % debido a que el volumen de agua es menor, al aplicar el riego por aspersión en la alfalfa la capa superior del suelo permanece seca y disminuye la presencia de malezas en el cultivo, la alfalfa requiere un aporte de agua en caso de riego por inundación de 1000 m³/Ha, mientras que un riego por aspersión requiere 880 m³/Ha., al realizar riego de la alfalfa se puede utilizar aguas con alta salinidad o agua de mala calidad que puede ser agua reciclada de tanques que ningún otro cultivo lo soportaría, sin embargo es necesario consultar con agrónomo. (Montemayor et al., 2010: pp.146-147)

1.1.5.5. Corte

El momento de cosecha o de corte de este cultivo generalmente se realiza cada 45-60 días en promedio, cuando exista un 10% de prefloración e inicio de brotamiento, el momento oportuno para el corte de la alfalfa es el inicio de los nuevos rebrotes con 3 a 5 centímetros de altura. (Pantaleón, 2016, p.22).

El corte se puede realizar de forma manual y mediante varias máquinas, se debe realizar el corte lo más bajo posible pero sin dañar la corona, la producción de alfalfa promedio es de 20-35 toneladas por hectárea. La altura de corte es de 5 centímetros de manera que exista reservas de carbohidratos en la raíz y en la parte aérea residual, si se realiza el corte en estados tempranos de crecimiento implica una reducción en el rendimiento y una disminución de la densidad de plantas por motivo de la insuficientes reservas acumuladas en los órganos de almacenamiento. (Infoagro, 2019, p.2).

1.1.5.6. Exigencias nutricionales y fertilización

La alfalfa debido a su relación simbiótica con las bacterias *Rhizobium* fijadoras de nitrógeno obtiene un suministro adecuado de nitrógeno, en promedio la alfalfa fija 500 kg de nitrógeno por año, por lo cual hay poca necesidad de aplicar fertilizantes nitrogenados, pero este cultivo sufre de deficiencias de fósforo, su deficiencia se ve reflejado en las raíces y en las hojas subdesarrolladas ya que se vuelven de color azul verdoso, se debe agregar 160 kg de P₂O₅ por hectárea una vez al año. Se puede aplicar abono antes de la siembra y luego de cada dos o tres cortes, especialmente durante el segundo y tercer año de corte. (Wikifarmer, 2017).

La presencia de fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y Zinc (Zn), para asegurar una correcta implantación y un profundo desarrollo de la raíz, mediante el sistema radicular extenso toma grandes cantidades de nutrientes y agua del suelo de tal forma que la alfalfa posee un alto potencial productivo. La disponibilidad de cobre (Cu), hierro (Fe), magnesio (Mg), azufre (S) y manganeso (Mn), es muy importante para la síntesis proteica y acumulación de azúcar de la alfalfa, de igual manera el zinc (Zn) y boro (B), favorece el crecimiento de las plantas. (Moreno, 2007; citado en Timana., 2015).

1.1.5.7. Usos

1.1.5.7.1. En verde

El cultivo de alfalfa se puede utilizar en verde por su buena calidad y digestibilidad, pero representan gastos importantes en mano de obra y mecanización, el pastoreo directo en la propia parcela o segada es la forma más económica de aprovechamiento de esta especie con una duración de 8 años con diferencia del aprovechamiento por corte puede durar hasta 15 años. (Hernández, 2013; citado en Chugñay., 2014).

1.1.5.7.2. Ensilado

Este cultivo se puede utilizar para realizar ensilajes, es un forraje difícil de ensilar por lo general se deja secar en el campo hasta que tenga de 30 a 40 % de humedad, posteriormente se recoge y pican las plantas, para proseguir con el proceso de conservación por medios biológicos, para conseguir un ensilado de calidad debe estar bien troceados y de esta manera conseguir un buen apisonado en el silo. (Hernández, 2013; citado en Chugñay., 2014).

1.1.5.7.3. Henificado

Un método de conservación de forraje seco es el henificado, se produce por una evaporación de los tejidos de la planta, en donde pierde un 80 % de contenido de agua por la presencia del sol y bajo sombra, si perder su valor nutricional. El heno debe ser guardado en lugares que no exista mucha humedad y con suficiente ventilación para que sea un alimento de excelente calidad para la alimentación animal, generalmente esta forma de conservación se realiza cuando hay excedente de producción. (Pantaleón, 2016, p.26).

1.1.5.7.4. *Deshidratada*

Consiste en secar el forraje verde en el campo hasta obtener una humedad de 30 % aproximadamente, luego se recoge y transporta a la planta deshidratadora en donde se seca por ventilación forzada hasta que alcance valores de humedad del 12%. (Hernández, 2013; citado en Chugñay., 2014).

1.1.5.7.5. *Granulada*

El tamaño del gránulo de la alfalfa es de aproximadamente 5 mm de diámetro, sin embargo se realiza gránulos de 8-10 mm lo que es perjudicial para los pequeños rumiantes, puede ser consecuencia de ahogamiento al momento de ingerir, cabe recalcar que esta forma de presentación de la alfalfa no altera las propiedades nutritivas, pero pierde su efecto de la fibra efectiva para estimular la rumia. (Hernández, 2013; citado en Chugñay., 2014).

1.2. *Carbohidratos*

1.2.1. *Generalidades*

A los carbohidratos se los conoce también como hidratos de carbono y glúcidos, normalmente contiene carbohidratos, oxígeno e hidrógeno (CH_2O)_n, son principales nutrientes orgánicos del tejido vegetal (60-90%), incluyen importantes compuestos como la glucosa, fructosa, sacarosa, almidón, glicógenos, quitina y celulosa. Los carbohidratos son sintetizados a partir de materia inorgánica por los vegetales por medio del proceso de la fotosíntesis. (Marcillo, 2001, pp: 3-6)

1.2.2. *Clasificación*

Los macro-componentes de la célula vegetal son el contenido celular y la pared celular, y son clasificados como carbohidratos no estructurales (CNE) y carbohidratos estructurales (CE), siendo los primeros más digeribles que los segundos, respectivamente. (Meissner, 1997; citado en Astudillo, 2014, p. 17).

1.2.2.1. *Carbohidratos no estructurales (CNE)*

Los carbohidratos no estructurales (Carbohidratos solubles), son parte del contenido celular de los vegetales, desenvuelven una función importante en el crecimiento, metabolismo y desarrollo de los pastos y forrajes, son esenciales para la supervivencia cuando la fotosíntesis se detiene. (Erazo, 2014, p. 29).

Los carbohidratos solubles representa una porción importante de la materia seca de un forraje que va desde 5-35 %, el contenido de CNE en las pasturas depende de algunos factores como el estado fenológico, la época del año, las condiciones climáticas, la edad y diferentes horas de corte, los CNE se generan en las hojas de las plantas gracias al efecto del sol y se acumulan en los tallos de los mismos, posteriormente a medida que la planta florece estos carbohidratos se digieren en el fruto donde se acumulan en forma de almidón. Fernández (2009, p.1).

Los principales carbohidratos no estructurales elaborados por las plantas se detallan a continuación:

Azúcares solubles: la glucosa y la fructosa son hexosas que se forman mediante el proceso fotosintético de las plantas, estos azúcares son las bases para la formación de otros compuestos de la planta además intervienen en el metabolismo energético. Dentro de estos azúcares solubles también está la sacarosa es un disacárido que está formada por una molécula de glucosa y fructosa. (Erazo 2014, p.30).

Dentro de los carbohidratos de reserva tenemos al almidón que es un polisacárido formado por cadenas de glucosa, además también se encuentra los fructanos es un oligosacárido constituido de fructosa, todos estos forman parte de los CNE y son fuente de energía rápida para el aprovechamiento de los microorganismos del rumen. (Erazo 2014, p.30)

1.2.2.2. *Carbohidratos estructurales (CE)*

Los carbohidratos estructurales forman parte de la pared celular, son responsables de la fibra de los pastos, son insolubles en agua y poseen una fermentación limitada y lenta, entre ellos se encuentran las celulosas, la hemicelulosa y la lignina. (López, 2016, pp. 9-14).

La celulosa y la hemicelulosa forman parte del esqueleto de la planta, no se digiere en su totalidad, oscila de 20-60%, a medida que el pasto madura aumenta la cantidad de estos dos compuestos, haciendo que el pasto sea menos digeribles y palatable para el consumo de los rumiantes. Por otro lado tenemos a la lignina forma parte de la pared celular es una macromolécula de elevado peso molecular y no es digerible por los rumiantes. (Annekey, 2011, p.1)

1.2.3. Carbohidratos solubles en la biología de la alfalfa

Después del corte o pastoreo de la alfalfa, la energía necesaria para el crecimiento y desarrollo del área foliar proviene de los CNE (Carbohidratos no estructurales), o conocidos también como carbohidratos de reserva ricos en azúcares, almidón y otros compuestos orgánicos, son almacenados en las raíces y en menores cantidades en la corona de las plantas, las plantas para realizar diferentes procesos fisiológicos obtiene energía de los CNE. (Romero, et al, 1995).

Los distintos sistemas de aprovechamiento de forraje pueden ser factores que alteren el almacenamiento y consumo de carbohidratos no estructurales, después de haber realizado el corte o pastoreo de las plantas las reservas de energía son utilizadas para la inicialización de un nuevo crecimiento. (Romero, et al, 1995).

Cuando la planta alcanza una altura promedio de 20 centímetros los contenidos de almidones y azúcares disminuyen, en ese momento las cantidades de carbohidratos fotosintetizados por las hojas alcanzan a satisfacer los requerimientos necesarios para su crecimiento, el exceso de carbohidratos de reserva se trasladan a las raíces y coronas de las plantas para su almacenaje, cuando la planta alcanza su floración existe el máximo contenido de carbohidratos no estructurales de igual forma en ese momento disminuye la cantidad de carbohidratos debido a la aparición de los nuevos rebrotes.

Cuando los carbohidratos de reserva son utilizados por la alfalfa, el almidón se transforma en azúcares para alimentar al nuevo crecimiento mientras que los azúcares son condensados en almidón y se almacenan cuando existe un excedente. (Romero, et al, 1995).

1.2.4. *Metabolismo de energía de los CNE*

CS son fuente de energía inmediata para los microorganismos presente en el rumen de los bovinos, ovinos y caprinos, la fermentación los CNE es rápida y completamente en el rumen, por tal motivo que se incrementa la energía que sirven para la multiplicación de los microorganismos y para posteriormente producir ácidos grasos volátiles como el acético, propiónico y butírico, son productos finales de la fermentación microbiana y son absorbidos por medio de las paredes del rumen y son transportados al hígado para su conversión en glucosa y tejido graso. (Ureña, 2019)

Debe existir equilibrio entre los carbohidratos estructurales y carbohidratos no estructurales en la alimentación de los rumiantes, ya que un exceso de CNE pueden inhibir la fermentación de la fibra, de tal forma que puede aumentar rápidamente los gases ruminales y un descenso del pH ocasionando timpanismo, mismo que bloquea al cardias e impide el eructo e incluso puede llevar a la muerte del animal, ya que los CNE no estimulan la rumia y la producción de saliva. (Ureña, 2019).

1.3. Grados Brix (°Bx)

Los grados Brix no es solamente el contenido de azúcar o sacarosa de una planta, también es un indicativo de la presencia de sólidos disueltos como proteínas, aminoácidos y minerales, un Brix muy alto significa que la planta está sana, bien nutrida, fuerte y tendrá una buena producción, un Brix bajo posiblemente presentan deficiencias de azúcares, de algunos minerales y aminoácidos, no producirán ácidos grasos volátiles requeridos en el rumen de los bovinos para la alta producción de leche. (Bruixot, 2013).

1.3.1. *Beneficios de altos grados Brix en las plantas*

Las plantas al poseer altos niveles de grados Brix, tienen mejor sabor y tiende a ser más resistentes a hongos, bacterias e insectos, desarrollan fuertes exudados radiculares; los exudados son una mezcla de ácidos orgánicos, azúcares, vitaminas, proteínas y enzimas que son liberados por la raíz, y alimentan a los microorganismos del suelo que son los que liberan nutrientes.

Los cultivos con mayor contenido de sólidos tendrán un punto de congelación más bajo y por lo tanto son menos propensos a daños por heladas. A mayor grado Brix, se aprecia una notable influencia en el aporte de calcio a las soluciones. (Bruixot, 2013).

En la siguiente tabla se detalla la interpretación sobre la concentración de grados Brix.

Tabla 4-1: Interpretación de grados Brix en un cultivo.

Brix	Interpretación
Alto	<ul style="list-style-type: none"> Actividad microbiana equilibrada. Condiciones óptimas del cultivo.
Bajo	<ul style="list-style-type: none"> Falta de actividad microbiana en el suelo, deficiencia de nitrógeno, potasio y fosforo. Carencia de calcio, magnesio o sodio.

Fuente: (Bruixot, 2013).

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

1.4. Refractómetro digital

1.4.1. Historia, definición y características

Los refractómetros fueron inventados por el científico Alemán, Dr. Ernst Abbe a inicios del siglo XX, es un dispositivo digital, portátil e impermeable, que sirve para determinar el % Brix de soluciones acuosas, hace usos el principio de refracción, tiene relación entre la velocidad de la luz en un espacio vacío y la velocidad de la luz en una sustancia. Un resultado de esta propiedad es que la luz cambiara de trayectoria cuando viaje a través de la sustancia con un índice de refracción diferente. (Hanna Instrument, 2019).

Los refractómetros digitales se caracterizan por su fácil manejo y robustez, su estructura resulta adecuado para el uso rápido y cómodo en cualquier lugar, son resistentes a salpicaduras de agua y presencia de polvo. Este dispositivo es utilizado en diferentes aplicaciones en el sector de alimentación, industria y agricultura, en la agricultura se determina el grado de madurez de plantas para la cosecha. (Kern & Sohn GMBH, 2019, pp.1-9)

1.4.2. Especificaciones

A continuación se detalla las siguientes especificaciones:

Tabla 5-1: Especificaciones del refractómetro digital

Especificaciones	
Rango	0 a 85 % Brix
Resolución	$\pm 0,1$ % Brix
Precisión	$\pm 0,2\%$ Brix
Temperatura	10 y 40 °C
Tiempo de medición	1, 5 segundos
Volumen de muestra	2 gotas
Fuente lumínica	LED amarillo
Célula de medición	Anillo de acero inoxidable y primas de vidrio óptico Flint
Tipo de pila/ duración	1x9V/5000 lecturas
Auto- desconexión	3 minutos de inactividad
Dimensiones	19,2 (L) x 10,2 (Anch.) x 6.7 (Alt.)cm
Peso	420 g

Fuente: (Hanna Instrument, 2019).

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

1.4.3. Calibración

Este instrumento digital mide el índice de refracción de la muestra de pasto y la convierte en unidades de concentración % Brix, la calibración se debe realizar diariamente, después de sustituir la pila, antes de realizar mediciones de las muestras y entre las mediciones de las distintas muestras. Para la calibración se utiliza una pipeta plástica y agua destilada. (Hanna Instruments, 2019).

Pulsar la tecla ON/OFF, después soltar, el display mostrara dos pantallas, seguida por líneas entrecortadas esto quiere decir que el instrumento está preparado para la calibración, usando una pipeta plástica llenar la célula de medición con agua destilada, presionar la tecla Zero y si no hay mensajes de error, el dispositivo esta calibrado, absorber suavemente el agua destilada del prisma con papel absorbente y proceder a realizar las mediciones. (Hanna Instruments, 2019).

1.4.4. Mediciones

Inicialmente para realizar la medición de las muestras el instrumento tiene que estar calibrado, mediante papel absorbente limpiar la superficie del prisma, con las pipetas plástica proceder a colocar gota a gota la sabia de las diferentes muestras en el prima de medición hasta llenar completamente la cavidad, presionar READ y en menos de dos segundos se mostrara en la pantalla el porcentaje de grados Brix, que posee la solución, retirar la muestra de la célula de medición con papel absorbente, finalmente con ayuda de las pipetas plásticas y agua destilada enjuagar el prima y secar con papel absorbente suavemente, para las próximas mediciones. (Hanna Instruments, 2019).

1.4.5. Escala de mediciones

Las mediciones reportadas mediante un refractómetro digital, son en (°Bx), la concentración de los grados Brix dependen de las especies si son indicas o sativas, de forma general una planta con lecturas superiores a 12°Bx, indica ser una planta fuerte, sana y son menos propensa a heladas, mientras que valores menos de 12 °Bx son cultivos que requieren de fertilización del suelo. (Bruixot, 2013).

Tabla 6-1: Escala de mediciones de grados Brix

Pastos	Pobre	Regular	Bueno	Excelente
Alfalfa	4	8	16	22
Granos	6	10	14	18
Sorgo	6	10	22	30

Fuente: (Bruixot, 2013).

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Localización y duración del experimento

La presente investigación se llevó a cabo en el barrio San Martín de Veranillo, ubicado en el Kilómetro 1 ½ vía a Baños, de la Ciudad de Riobamba, Provincia de Chimborazo. La experimentación se realizó en un cultivo establecido de alfalfa morada nacional (*Medicago sativa*), de un año de edad. Tuvo una duración de 90 días. Las condiciones meteorológicas se detallan a continuación.

Tabla 1-2: Condiciones meteorológicas de la zona

Parámetros	Valores
Temperatura, ° C	17
Precipitación, mm/año	561
Humedad, %	70
Altura, m.s.n.m	2760

Fuente: (AccuWeather, 2018).

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

2.2. Unidades experimentales

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizó 48 unidades experimentales de *Medicago sativa* de un año de edad, cuyas dimensiones fueron de 12m² (3x4m), se aplicaron doce tratamientos, con cuatro repeticiones, cada tratamiento contó con una área de 48 m², dando una superficie total de 576m².

2.3. Materiales, equipos e instalaciones

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron los siguientes materiales, equipos e instalaciones.

2.3.1. *Materiales*

- Material vegetativo establecido
- 48 parcelas (3x4m)
- Estacas
- Piola
- Flexómetro
- Rótulos de identificación
- Cuadrante 1 m².
- Hoz
- Pipetas plásticas
- Agua destilada
- Papel absorbente
- Paños
- Tijera
- Fundas de papel y plásticas
- Libreta de campo

2.3.2. Equipos

- Refractómetro digital
- Balanza digital.
- Cámara fotográfica.
- Calculadora

2.3.3. Instalaciones

- Se utilizó un terreno de alfalfa morada nacional de un año de edad, ubicado en el barrio San Martín de Veranillo.

2.4. Tratamiento y diseño experimental

Se evaluó la mayor concentración de carbohidratos solubles in situ en alfalfa morada nacional, a la edad (45 y 60 días) factor A, y la hora de corte (08h00, 10h00, 12h00, 14h00, 16h00, 18h00) factor B, mediante la utilización de un refractómetro digital. Se trabajó bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar, (DBCA), bajo arreglo bifactorial con cuatro repeticiones por tratamiento, con 48 unidades experimentales, cada una con un área de 12 m² y un total de 576 m², el modelo lineal aditivo que se aplicó fue el siguiente:

Ecuación 1-2

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Valor de la variable.

μ = Media general.

A_i = Efecto de los días de corte.

B_j = Efecto de los tiempos de corte.

AB_{ij} = Interacción de los días de corte y los tiempos de corte.

ϵ_{ijk} = Error experimental.

Tabla 2-2: Esquema del experimento

Edad de rebrote	Tiempo de corte	Código	Repeticiones.	TUE	Total
Factor A	Factor B				parcelas
45 días	08H00	E45T08	4	1	4
45 días	10H00	E45T10	4	1	4
45 días	12H00	E45T12	4	1	4
45 días	14H00	E45T14	4	1	4
45 días	16h00	E45T16	4	1	4
45 días	18H00	E45T18	4	1	4
60 días	08H00	E60T08	4	1	4
60 días	10H00	E60T10	4	1	4
60 días	12H00	E60T12	4	1	4
60 días	14H00	E60T14	4	1	4
60 días	16h00	E60T16	4	1	4
60 días	18H00	E60T18	4	1	4
TOTAL					48

TUE: Tamaño de la Unidad Experimental

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

2.5. Mediciones experimentales

- Cobertura basal (%)
- Cobertura aérea (%)
- Altura de la planta (cm)
- Contenido de carbohidratos solubles (°Bx)
- Producción de biomasa verde (t/FV/ha/año)
- Producción de materia seca (t/MS/ha/año)
- Análisis Proximal
- Indicador Beneficio – Costo (\$)

2.6. Análisis estadísticos y pruebas de significancia

Los resultados experimentales obtenidos fueron sometidos a los siguientes análisis estadísticos.

- Análisis de varianza (ADEVA).
- Separación de medias mediante Jollife ($P \leq 0.05$).
- Análisis de regresión.

2.6.1. Esquema del ADEVA

Tabla 3-2: Esquema del ADEVA

Fuentes de variación	Grados de libertad
Total	47
Bloques	3
A	1
B	5
AxB	5
Error Experimental	33

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

2.7. Procedimiento experimental

2.7.1. Descripción del experimento

- Se realizó un corte de igualación y las labores culturales necesarias.
- Se determinó el área de cultivo de alfalfa morada nacional delimitando 48 parcelas con una dimensión de 3x4 m, para posteriormente dividir en bloques.

- A los 45 y 60 días se evaluó los parámetros agronómicos tales como cobertura basal, cobertura aérea y altura de la planta en los diferentes tratamientos.
- Se evaluó el contenido de carbohidratos solubles a diferentes horas del día: 08h00, 10h00, 12h00, 14h00, 16h00, 18h00, mediante la utilización de un refractómetro digital.
- Se determinó la producción de forraje verde (t/FV/ha/corte) mediante el método del cuadrante, y las muestras recolectadas se llevaron al laboratorio para determinar materia seca (t/MS/ha/año) y el análisis proximal.
- Finalmente se procedió a tabular datos y analizar el mejor tratamiento.

2.8. Metodología de la evaluación

2.8.1. Cobertura basal (%)

Se determinó por el método de la Línea de Canfield, que consistió en trazar un transepto en forma diagonal en cada parcela, donde se evaluaron a las plantas que estuvieron en contacto con el transepto, mediante la cinta métrica se midió el área ocupada en el suelo por cada planta, se sumaron todas las coberturas de cada parcela y por regla de tres se obtuvo el porcentaje de cobertura basal.

2.8.2. Cobertura aérea (%)

Se determinó mediante el uso de un transepto y con un flexómetro se procedió a medir la parte aérea de todas las plantas que estuvieron en contacto con este transepto, posteriormente se sumó todos los datos y por regla de tres simple se obtuvo el porcentaje de cobertura aérea.

2.8.3. Altura de la planta (cm)

Se determinó mediante la Línea de Canfield, donde se midió desde la base del suelo hasta la media terminal de la hoja más alta, todas las plantas que estaban en contacto con el transepto, con la

ayuda de un flexómetro, posteriormente se procedió a sumar todos los datos para obtener un promedio general.

2.8.4. *Determinación de Carbohidratos solubles (°Bx)*

La determinación de los carbohidratos solubles, en Brix se realizó utilizando un refractómetro digital, se tomó las muestras en el horario de 08h00, 10h00, 12h00, 14h00, 16h00, 18h00, se extrajo la savia de las hojas y tallos de 5 plantas al azar dentro de cada unidad experimental.

Tabla 4-2: Escala de mediciones de grados Brix

Pasto	Pobre	Regular	Bueno	Excelente
Alfalfa	4	8	16	22

Fuente: (Bruixot, 2013).

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

2.8.5. *Producción de biomasa verde (t/FV/ha/corte)*

La producción de biomasa verde se realizó en función del peso, cortando una muestra significativa de cada parcela, utilizando el método del cuadrante (1 m²), dejando para el rebrote una altura de 5 cm, finalmente estimándose la producción en t/FV/ha/corte.

2.8.6. *Producción de materia seca (t/MS/ha/corte)*

La producción de materia seca se determinó en el laboratorio de acuerdo al porcentaje de humedad del pasto, que fue sometido al desecado y por diferencia de peso se obtuvo la producción de MS.

2.8.7. *Análisis Proximal*

Se tomaron las muestras de los diferentes tratamientos, para luego ser llevados a un laboratorio, para ser analizados componentes como: humedad, proteína, grasa, cenizas y fibra.

2.8.8. *Indicador beneficio/costo (\$)*

Se realizó mediante la siguiente expresión:

$$\mathbf{Beneficio/costo} = \frac{\text{Ingresos totales (\$)}}{\text{Egresos totales (\$)}}$$

CAPITULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Comportamiento agrobotánico y bromatológico de la alfalfa morada nacional (*Medicago sativa*), a diferentes edades y horas de corte

3.1.1. Cobertura basal (%)

Al evaluar la cobertura basal de la alfalfa morada nacional en función a la edad de corte (Factor A), se reportó diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$), entre los tratamientos, en donde la mayor cobertura basal se registró a los 60 días de edad, con el 58.75%, en tanto que la menor cobertura se obtuvo a la edad de 45 días, con un valor de 55.32%. Difiriendo estadísticamente entre ellos, como se observa en la tabla 1-3 y gráfico 1-3.

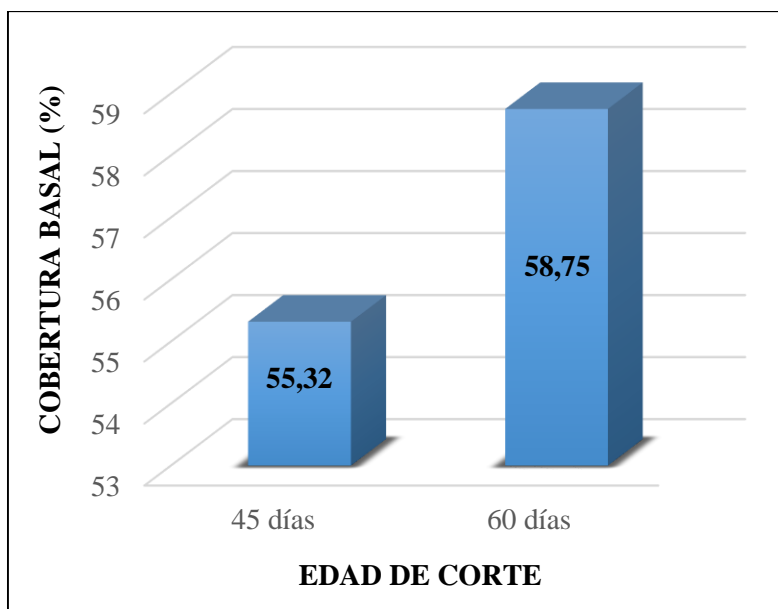


Gráfico 1-3: Cobertura basal de la alfalfa morada nacional (*Medicago sativa*), a diferentes edades de corte.

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

Tabla 1-3: Comportamiento agrobotánico de la alfalfa morada nacional (*Medicago sativa*), a diferentes edades de corte.

VARIABLE	EDAD DE CORTE				EE	PROB
	FACTOR A					
	45 días		60 días			
Cobertura basal (%)	55.32	b	58.75	a	1.07	0.0297
Cobertura aérea (%)	84.63	b	88.21	a	1.10	0.0279
Altura de la planta (cm)	66.14	b	80.86	a	0.88	<0.0001
Carbohidratos solubles (°Bx)	13.27	b	17.46	a	0.17	<0.0001
P. biomasa verde (t/FV/ha/corte)	15.67	a	15.48	a	0.41	0.7485
P. materia seca (t/MS/ha/corte)	3.28	b	3.92	a	0.10	0.0001

Medias con letras iguales en una misma fila no difieren estadísticamente de acuerdo a Jollife ($P \leq 0.05$)

EE: Error estándar.

Prob: Probabilidad.

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

Comparando los resultados de esta investigación con otros autores, se evidenció que (Correa, 2013: pp. 41-79), al utilizar diferentes dosis de vermicompost mas la aplicación de giberelinas a diferentes niveles en el primer corte, obtuvo resultados a nivel de cobertura basal de: T3 (8tn/ha) 45.07%, T2 (6tn/ha) 44.04% y T1 (4tn/ha) 43.27 %, valores menores a esta investigación, esto se debió a que las condiciones medioambientales, sumadas al ácido giberélico degradado con lentitud, pero durante el crecimiento las giberelinas se metabolizaron con rapidez. Al utilizar abonos orgánicos en una dosis adecuada ayuda a los cultivos e influyen en la calidad del suelo como su estructura, aireación, humedad, etc. (Trinidad, 2008; citado en Correa, 2013, pp. 41-79).

Al evaluar las horas de corte (Factor B), no se determinaron diferencias estadísticas ($P \geq 0.05$), tan solo numéricas, entre los tratamientos, donde las parcelas evaluadas a las 10h00, presentaron un porcentaje de 60.70%, seguidas de las 08h00, 12h00 y 16h00 con 59.25%, 58.55% y 56.33%, en su orden, finalmente se ubicaron las de menor respuesta numérica con 54.25% y 53.13% de cobertura basal correspondiente a los tratamiento de las 18h00 y 14h00, respectivamente, como se reporta en la tabla 2-3 y gráfico 2-3.

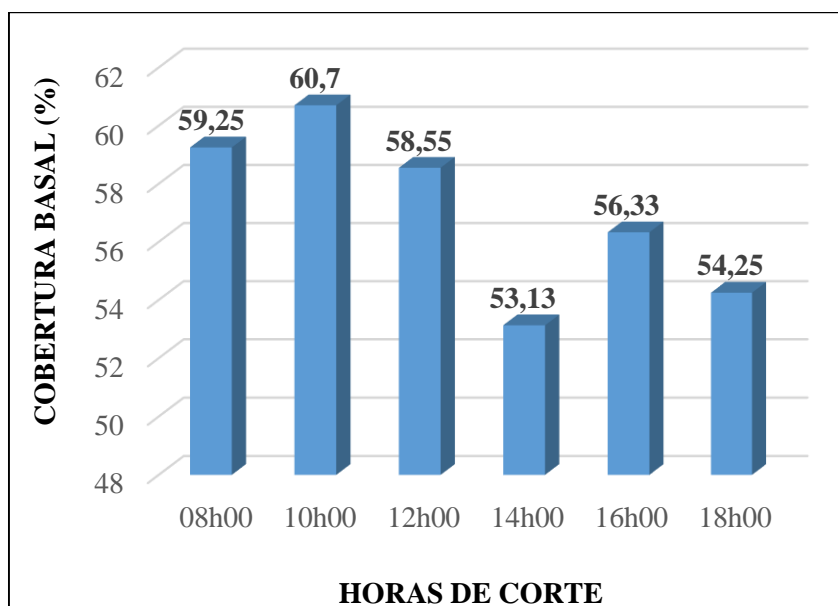


Gráfico 2-3: Cobertura basal de la alfalfa morada nacional (*Medicago sativa*), a diferentes horas de corte.

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

Tabla 2-3: Comportamiento agrobotánico de la alfalfa morada nacional (*Medicago sativa*), a diferentes horas de corte.

VARIABLE	HORAS DE CORTE										EE	PROB		
	FACTOR B													
	08h00		10h00		12h00		14h00		16h00				18h00	
Cobertura basal (%)	59.25	a	60.70	a	58.55	a	53.13	a	56.33	a	54.25	a	1.85	0.0445
Cobertura aérea (%)	90.20	a	88.25	a	85.55	a	84.35	a	87.43	a	82.75	a	1.90	0.0970
Altura de la planta (cm)	73.21	a	74.09	a	76.64	a	74.25	a	70.95	a	71.87	a	1.53	0.1575
Carbohidratos solubles (°Bx)	11.24	c	15.62	b	17.43	a	15.94	b	16.26	b	15.72	b	0.29	<0.0001
P. biomasa verde (t/FV/ha/corte)	17.31	a	16.13	ab	17.00	a	15.23	ab	14.70	ab	13.08	b	0.71	0.0017
P. materia seca (t/MS/ha/corte)	3.37	ab	3.66	ab	4.13	a	3.73	ab	3.61	ab	3.09	b	0.18	0.0066

Medias con letras iguales en una misma fila no difieren estadísticamente de acuerdo a Jollife ($P \leq 0.05$)

EE: Error estándar.

Prob: Probabilidad.

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

La variable cobertura basal de *Medicago sativa*, por efecto de la interacción entre la edad y las diferentes horas de corte (AxB), no reporto diferencias estadísticas ($P>0.05$), tan solo numéricas siendo el mejor tratamiento a los 45 días de edad a las 10h00 con 62.15%, seguidas de las parcelas evaluadas a los 60 días de edad, a las 08h00, 12h00, 16h00, 10h00 y 18h00 con 62.00, 61.60, 60.70, 59.25 y 58.20% respectivamente, finalmente el tratamiento de menor cobertura basal fue el de 45 días, a las 18h00 con 50.30%. Como se observa en la tabla 3-3.

Al comparar con otros autores como (León, 2015: pp. 90-94), con la utilización de diferentes dosis de *Trichoderma* sp, cepa harzianum en la alfalfa morada al tercer corte a los 30 días, se registró porcentajes de 89.22, 86.62, 79.25 y 78.23 % de cobertura basal, correspondientes a los tratamientos 7.5 cc/lit, 5 cc/lit, 2.5 cc/lit y 0 cc/lit, siendo esta variable superior a la obtenida en esta investigación debido a que la *Trichoderma* sp, cepa harzianum es un biofertilizante y bioestimulante del crecimiento vegetal, acelera el desarrollo del sistema radicular, solubiliza y absorbe nutrientes inorgánicos e induce resistencia a la planta.

Tomando como referencia la investigación de (Usca, 2015: pp.38-40), el cual empleo diferentes niveles de Bioplus aplicados a los siete y catorce días en el primer corte de alfalfa morada (*Medicago sativa*) variedad abunda verde, registro coberturas basales a los 15 días luego de aplicar T2 (2cc/litro), T1 (1cc/litro) y T3 (3cc/litro), fueron de 88.63, 86.13 y 84.50%, respectivamente. (Usca, 2015: pp.38-40).

Mientras tanto que a los 30 días luego de aplicar los diferentes niveles de Bioplus, registro los siguientes resultados para T1(1cc/litro), T3(3cc/litro) y T2 (2cc/litro) con 92.91, 91.88 y 85.63%, respectivamente, valores superiores a los reportados en esta investigación; esto se debió que al utilizar Bioplus. (Usca, 2015: pp.38-40).

El Bioplus es un abono que mejora el suelo, aumenta la microflora bacteriana y permite dar una buena nutrición a los cultivos y de esta manera explotar al máximo el potencial productivo de los pastos y forrajes. (Zambrano, 2003; citado en Usca, 2015).

Tabla 3-3: Comportamiento agrobotánico de la alfalfa morada nacional (*Medicago sativa*), a diferentes edades y horas de corte.

VARIABLE	45 DIAS						60 DIAS						EE	PROB
	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00		
Cobertura basal (%)	56.50 a	62.15 a	55.50 a	55.50 a	51.95 a	50.30 a	62.00 a	59.25 a	61.60 a	50.75 a	60.70 a	58.20 a	2.62	0.0552
Cobertura aérea (%)	87.90 a	90.25 a	82.90 a	85.10 a	83.75 a	77.90 a	92.50 a	86.25 a	88.20 a	83.60 a	91.10 a	87.60 a	2.69	0.1180
Altura planta (cm)	64.12 a	66.77 a	69.04 a	68.54 a	62.84 a	65.53 a	82.31 a	81.41 a	84.24 a	79.95 a	79.05 a	78.22 a	2.16	0.6735
Carbohidrato S(°Bx)	8.93 d	14.63 c	14.45 c	13.97 c	13.87 c	13.79 c	13.56 c	16.61 b	20.40 a	17.91 b	18.65 b	17.66 b	0.42	0.0016
P. FV.(t/FV/ha/corte)	18.04 a	16.94 a	17.90 a	15.50 a	14.24 a	11.40 a	16.59 a	15.32 a	16.10 a	14.96 a	15.17 a	14.76 a	1.00	0.1024
P.MS.(t/MS/ha/corte)	3.23 a	3.63 a	3.94 a	3.33 a	3.13 a	2.42 a	3.51 a	3.69 a	4.33 a	4.13 a	4.09 a	3.76 a	0.25	0.1344

Medias con letras iguales en una misma fila no difieren estadísticamente de acuerdo a Jollife ($P \leq 0.05$)

EE: error estándar

Prob: probabilidad

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

3.1.2. Cobertura aérea (%)

El análisis de varianza de la cobertura aérea de la alfalfa morada nacional, con respecto a la edad de corte (Factor A), se determinó que existieron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$), el mayor porcentaje de cobertura aérea fue a los 60 días de edad con el 88.21%, mientras que el menor porcentaje fue a los 45 días de edad se obtuvo un valor de 84.63%, como se observa en la tabla 1-3 y gráfico 3-3.

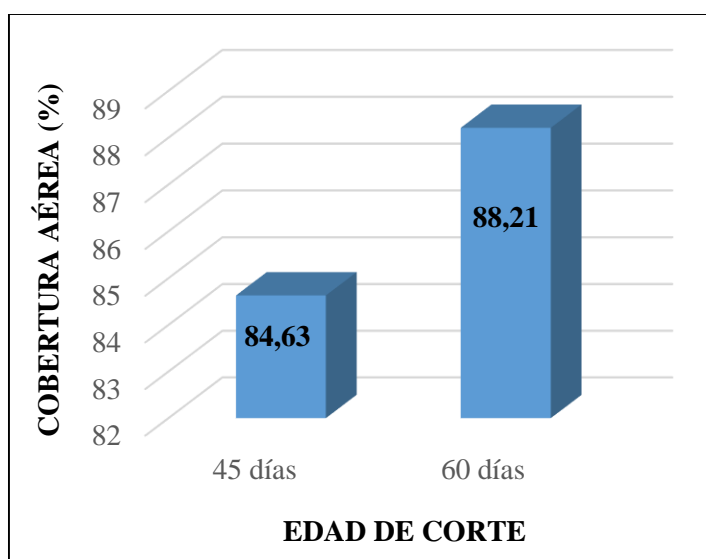


Gráfico 3-3: Cobertura aérea de la alfalfa morada nacional (*Medicago sativa*), a diferentes edades de corte.

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

Los reportes de esta investigación son inferiores a las respuestas obtenidas por (León, 2015: pp. 65-72), quien utilizó diferentes dosis de *Trichoderma* sp, cepa harzianum en alfalfa morada en el segundo corte a los 30 días, reportando coberturas aéreas desde 99.44% hasta el 100%, los valores superiores se debieron a la utilización de *Trichoderma* sp, cepa harziamun, hongo que se utiliza en agricultura como agente de control biológico de plantas. (López-Bucio, 2009; citado en León, 2015).

Al evaluar la cobertura aérea por efecto de la hora de corte (Factor B), los tratamientos no presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$), observándose diferencias numéricas donde los valores mayores fueron en las parcelas evaluadas a las 08h00 y 10h00 con el 90.20 y 88.25 % de cobertura aérea y finalmente se ubicaron las parcelas que fueron evaluadas a las 14h00 y 18h00 con 84.35 y 82.75% de cobertura aérea, respectivamente. Obsérvese tabla 2-3 y gráfico 4-3.

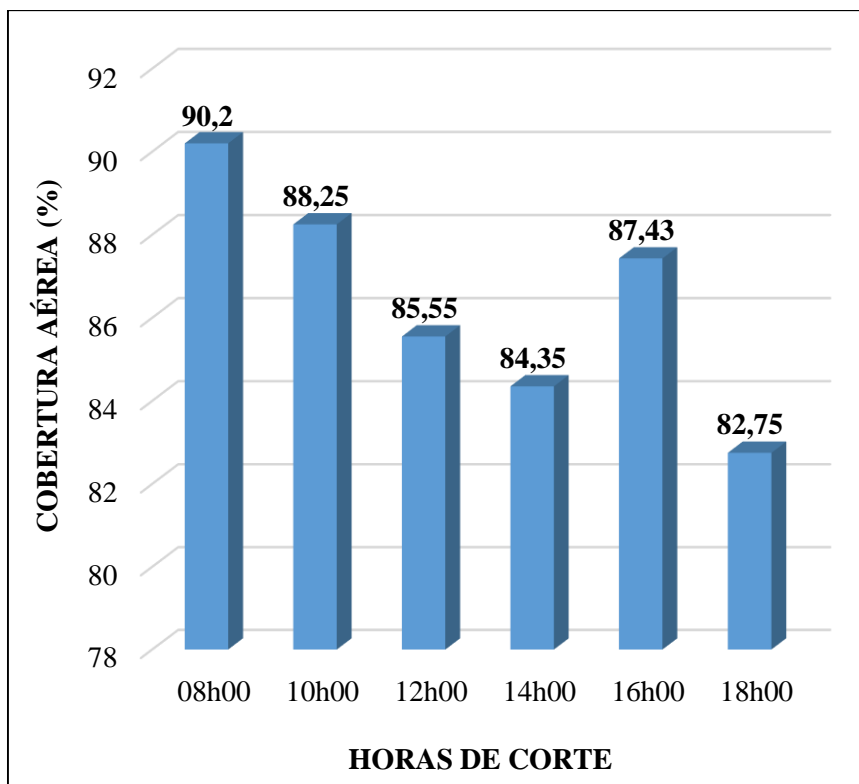


Gráfico 4-3: Cobertura aérea de la alfalfa morada nacional (*Medicago sativa*), a diferentes horas de corte.

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

El porcentaje de cobertura aérea de la alfalfa morada, por efecto de la interacción de la edad y las diferentes horas de corte (Factor A x Factor B), no reporto diferencias estadísticas ($P > 0.05$), entre los tratamientos, sin embargo se registró diferencias numéricas, a los 60 días obteniéndose valores de 92.50 y 91.10%, en las parcelas evaluadas a las 08h00 y 16h00, mientras tanto que las parcelas con menor porcentaje de cobertura aérea, fueron a los 45 días con 82.90 y 77.90% analizadas en las parcelas de las 12h00 y 18h00, respectivamente. Tabla 3-3.

Por su parte Chacón, (2011, pp.55-57), reporta resultados inferiores a los de esta investigación al aplicar diferentes niveles de abono foliar biol, con 200, 400 y 600 litros de biol por hectárea, donde se obtuvo una cobertura aérea de 86.58, 85.08 y 83.75%, frente al tratamiento testigo 0 lt/ha que registro 80.08%, comparando con esta investigación se contrasta que el biol es alto en pH y por ende elimina excesivo amoníaco que daña la materia orgánica del suelo causando la acidificación y eutrofización, de forma que las plantas no se desarrollan normalmente. (Groot y Bogdanski, 2013:p. 32).

3.1.3. *Altura de la planta (cm)*

Al evaluar la altura de la alfalfa morada nacional (cm), con respecto a la edad de la planta (Factor A), se reportaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($P \leq 0.01$), registrándose como el mejor tratamiento las parcelas evaluadas a los 60 días de edad con 80.86 cm, mientras que el tratamiento con menor respuesta fue a los 45 días de edad con 66.14 cm, difiriendo estadísticamente entre ellos, observar tabla 1-3 y gráfico 5-3.

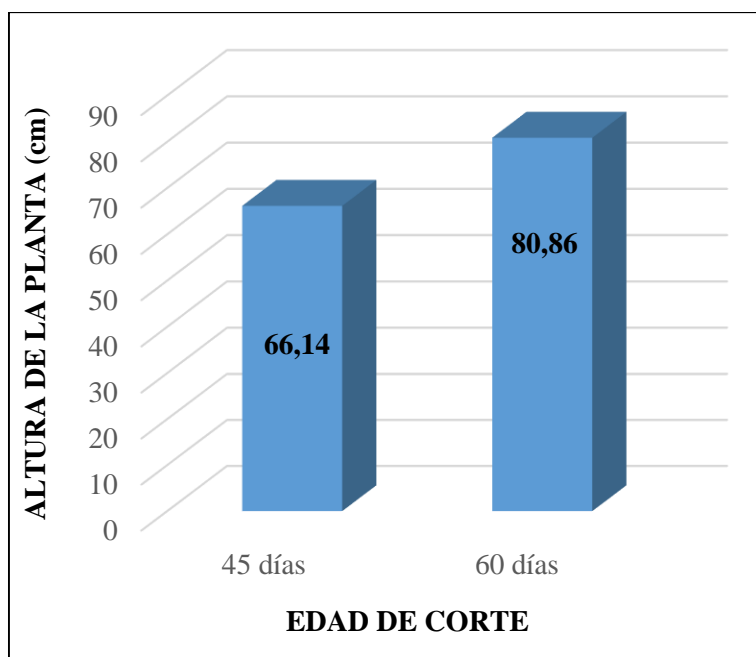


Gráfico 5-3: Altura de la alfalfa morada nacional (*Medicago sativa*), a diferentes edades de corte.

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

Comparando con otros autores como Lema (2018, pp. 35-40), al utilizar varios niveles de fertilizante orgánico-mineral (Pasto leche), obtuvo resultados superiores a los 45 días de edad de la alfalfa morada, quien reporto para el tratamiento testigo la menor altura con 58.25cm, seguido por en T1 y T2, con 75.05 y 70.93 cm de altura de *Medicago sativa*, respectivamente, valores que son inferiores a los de esta investigación, esto se debió a la utilización del fertilizante orgánico-mineral, el mismo que enriquece las propiedades del suelo y de esta manera obtiene mejores rendimientos.

Al analizar las horas de corte (Factor B), no se reportaron diferencias significativas ($P>0.05$) no obstante, se evidenciaron diferencias numéricas, siendo el mejor tratamiento a las 12h00 con 76.64 cm, y el tratamiento que menor altura presento fue el de las 16h00 con 70.95 cm de altura. Tabla 2-3 y gráfico 6-3.

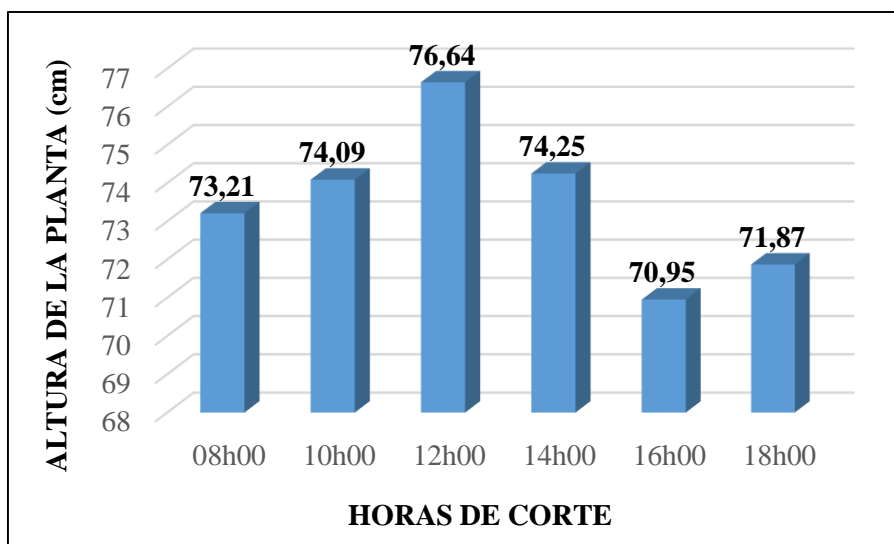


Gráfico 6-3: Altura de la alfalfa morada nacional (*Medicago sativa*), a diferentes horas de corte.

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

Al determinar la interacción entre la edad y horas de corte de la alfalfa morada (A x B), no se registraron diferencias significativas ($P>0.05$), tan solo numéricas, siendo el tratamiento más eficiente, el evaluado a los 60 días de edad a las 12h00 con 84.24 cm de altura, y el tratamiento que presento el menor valor fue a los 45 días a las 16h00 con 62.82 cm. Como se puede observar en la tabla 3-3.

Según López (2011, pp. 47-48), manifiesta que al utilizar diferentes niveles de vinaza aplicados basalmente en la producción de alfalfa morada, se obtuvieron alturas que van desde 69.02 cm, en las parcelas que se utilizaron 4000 lt/ha, hasta 68.31 cm, al utilizar 6000 lt/ha. Por otro lado Correa (2013, pp. 49-51), obtuvo resultados de 107.24, 106.58 y 104.11 cm de altura, al utilizar diferentes dosis del vermicompost, resultados que fueron superiores a esta investigación, esto se debió al utilizar abonos orgánicos, ayudan al desarrollo de los cultivos, mejorando el color, calidad, son responsables de la aireación y el enriquecimiento de los minerales del suelo. (Agro Waste, 2019, p.3).

3.1.4. Carbohidratos solubles (°Bx)

Al evaluar el contenido de carbohidratos solubles presentes en la alfalfa morada nacional (*Medicago sativa*) con respecto a la edad de corte (Factor A), se detectaron diferencias estadísticas altamente significativas ($P < 0.01$), entre los tratamientos, en donde la mayor concentración de carbohidratos solubles fue a los 60 días con 17.46 grados Brix (°Bx), mientras que la menor concentración se obtuvo a la edad de 45 días con un valor de 13.27 °Bx, difiriendo estadísticamente entre ellos, como indica en la tabla 1-3 y el gráfico 7-3.

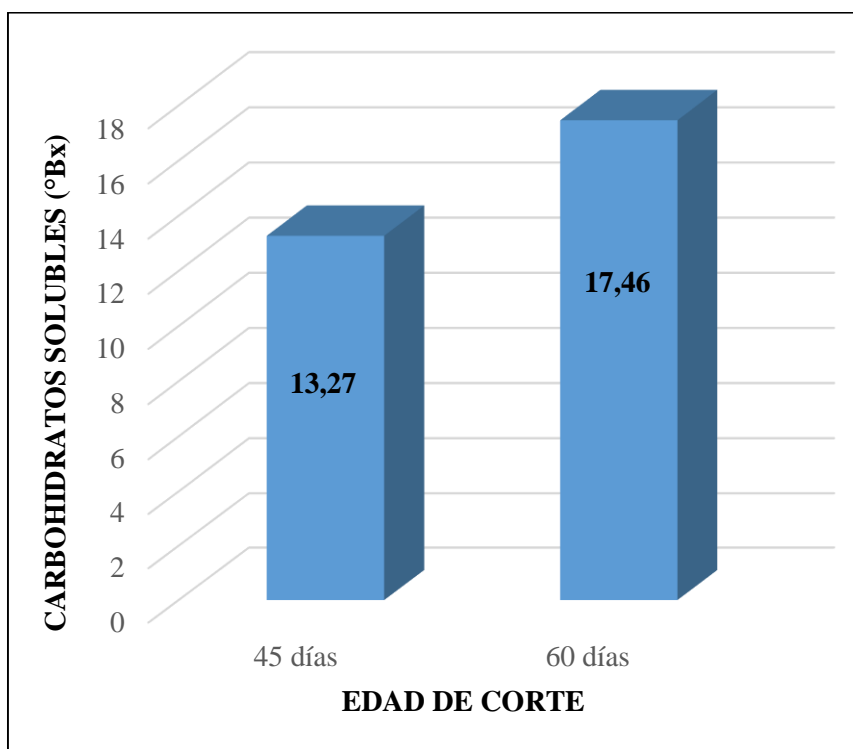


Gráfico 7-3: Concentración de carbohidratos solubles de la alfalfa morada nacional (*Medicago sativa*), a diferentes edades de corte.

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

Al analizar las diferentes horas de corte de *Medicago sativa*, (Factor B), mediante el análisis de varianza, se registró diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), en donde el mejor tratamiento fue a las 12h00 con 17.43 °Bx, y la parcela de menor concentración de carbohidratos solubles fue a las 08h00 con 11.24 °Bx. Tabla 2-3 y gráfico 8-3.

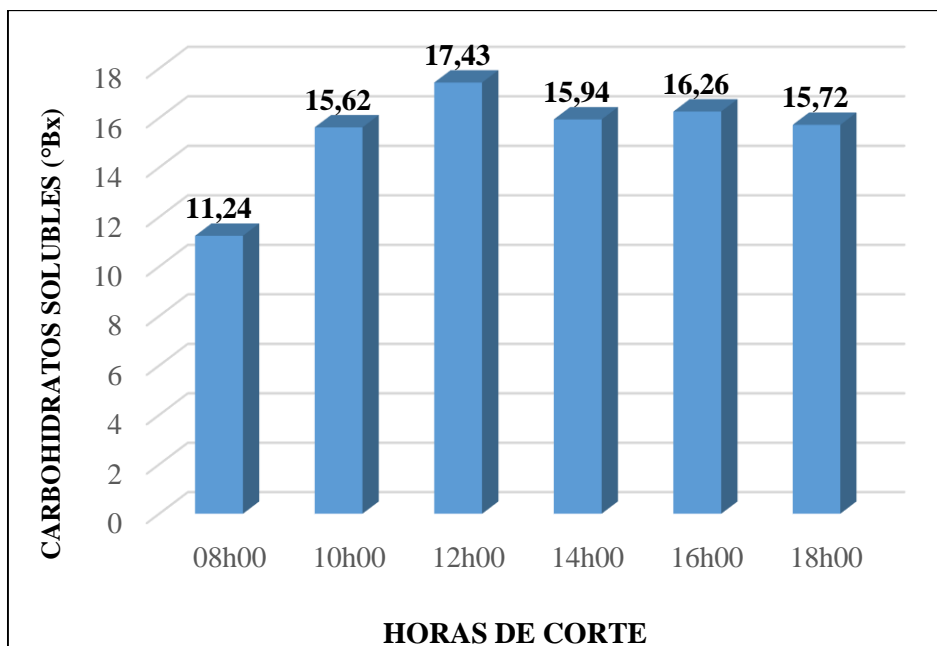


Gráfico 8-3: Concentración de carbohidratos solubles de la alfalfa morada nacional (*Medicago sativa*), a diferentes horas de corte.

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

Comparando con otros autores como Gaviria et al., (2015:pp. 194-201), en una investigación realizada en Colombia sobre la calidad nutricional y fraccionamiento de carbohidratos y proteína en los componentes forrajeros de un sistema silvopastoril intensivo, reporto que, el contenido de los carbohidratos solubles a los 45 días de edad, para la leguminosa (*Leucaena*) fue de 16.70% y para gramíneas (Pasto estrella y pasto guinea), con 10.80% de carbohidratos solubles, como se puede evidenciar la leguminosa posee mayores concentraciones de carbohidratos, esto se debió a lo señalado por (Juárez et al. 1999; citado en Gaviria et al., 2015, pp. 194-201), de forma global las gramíneas tropicales se caracterizan por poseer más carbohidratos estructurales (Celulosa y hemicelulosa) y menor contenido de carbohidratos solubles (Glucosa, fructosa y sacarosa).

La concentración de carbohidratos no estructurales también difiere con respecto a la época del año, siendo el crecimiento de las plantas y las condiciones climáticas, como en Argentina, Chile y Uruguay en periodo de otoño-invierno existe menor síntesis de carbohidratos solubles < 10%; en nuestro país en la época de invierno con días fríos y nublados existe menor concentración de carbohidratos solubles causando de esta manera un desbalance en la ganancia de peso de las distintas especies animales, mientras que en periodos de verano en donde hay alta luminosidad y radiación se incrementa los carbohidratos solubles > 10%. Vas Martin y Messa 2007, Elizalde y Santini 1992; citados en Fernández, 2012).

Los resultados del contenido de carbohidratos por efecto de la edad de corte de la alfalfa morada fueron inferiores a los reportados por Astudillo (2014, pp. 61-62), quien determinó la edad de corte sobre la concentración de carbohidratos solubles en el *Panicum Maximum* (PASTO GUINEA), obteniendo la mejor respuesta a los 60 días con 21.98 %, mientras tanto que para los 45 días de edad obtuvo 18.08% de carbohidratos solubles en esta gramínea. Esto se debió a lo señalado por (Romero, 2004; citado en Astudillo, 2014, pp. 17-62), el nivel de los carbohidratos solubles incrementa a medida que avanza la edad del pasto, sin embargo hay más presencia de paredes celulares por lo que hace que el pasto sea menos digerible para el animal, se debe tener en cuenta la edad de corte por la concentración de carbohidratos solubles y por la madurez del pasto.

Chasipanta (2016, pp. 1-39), quien evaluó tres frecuencias de defoliación sobre la acumulación de carbohidratos solubles en pasturas de rye grass perenne (*Lolium perenne*) y trébol blanco (*Trifolium repens*) en época de invierno, reportó que a los 28 días de corte obtuvo 1.24, 1.86 y 2.42% de Glucosa, fructosa y sacarosa, respectivamente, dando un total de 5.52% de carbohidratos solubles, mientras que para los 35 días de edad reportó, 1.48, 0.83 y 3.23% de glucosa, fructosa y sacarosa, en su orden, dando en total 5.54 % de carbohidratos, finalmente a los 42 días de rebrote obtuvo valores de 1.44, 0.92 y 3.16% de glucosa, fructosa y sacarosa, respectivamente, dando un total de 5.52% de carbohidratos solubles, valores inferiores a los de esta investigación debido al tiempo de establecimiento.

(Suárez et al., 2015:pp. 181-187), al realizar una investigación sobre la variación en la concentración de sólidos solubles durante el día, en tres pasturas *Bracharia hibrdo cv. Mulato II* (Brachiaria), *Cynodon nlemfuensis* (Pasto estrella) y *Panicum máximo cv. Mombasa* (Pasto Monbasa-Guinea), en la época seca en el valle medio del río Sinú, en Colombia, registró para la Brachiaria la mayor concentración de sólidos solubles a las 13h00, con 10.30, seguidas por las parcelas que fueron evaluadas a las 10h00 y 16h00 con 10.08 y 9.12% de carbohidratos solubles, finalmente se reportó que las parcelas con menor concentración de carbohidratos solubles fueron a las 07h00 con 7.28% de CS; Pasto estrella, mientras que las mayores concentraciones fueron en las parcelas analizadas a las 13h00 y 16h00 con 9.80 y 9.14 °Bx, contrastándose valores inferiores a las 10h00 y 07h00, con 8.13 y 6.01 °Bx, finalmente el pasto Mombasa- Guinea, el mejor tratamiento fue a las 13h00 con 8.39, seguido de los tratamientos de las 10h00 y 16h00 con 7.32 y 7.03 °Bx, el tratamiento de menor concentración fue a las 10h00 con 5.54 °Bx, los valores mencionados son inferiores a los de esta investigación, esto se debió a que estos pastos fueron cultivados en época seca donde no existía lluvia y las temperaturas fueron muy elevadas, causando pérdida de la estructura del suelo, por el bajo contenido de materia orgánica. (Rawson y Gómez, 2001: pp. 35-98).

(Castillo et al., 2008: pp. 1-11), en un estudio realizado en Colombia al evaluar la concentración de azúcares solubles de dos gramíneas *Brachiaria decumbens* y *Brachiaria brizanta* presento una concentración de 28.09 y 29.41% de azúcares solubles, en su orden; valores superiores a los de esta investigación, esto se debió a la utilización de diferentes fertilizantes en la preparación del terreno, ya que aportan nutrientes y enriquecen al suelo especialmente con minerales que son utilizados por las plantas para un buen desarrollo, crecimiento y por lo tanto una gran producción. (Agro Waste, 2019, p.3).

Los valores del análisis de varianza para la interacción de la edad y hora de corte de la alfalfa morada nacional *Medicago sativa* (AxB), se reportó diferencias altamente significas ($P < 0.01$), el mayor contenido de carbohidratos solubles se determinó a los 60 días de edad en las parcelas que fueron evaluadas a las 12h00 con 20.40 °Bx, finalmente se registró el tratamiento de menor concentración de carbohidratos solubles a los 45 días de edad, a las 08h00 con una concentración de 8.925 °Bx, respectivamente. Como se indica en la tabla 3-3, y en los gráficos 9-3 y 10-3.

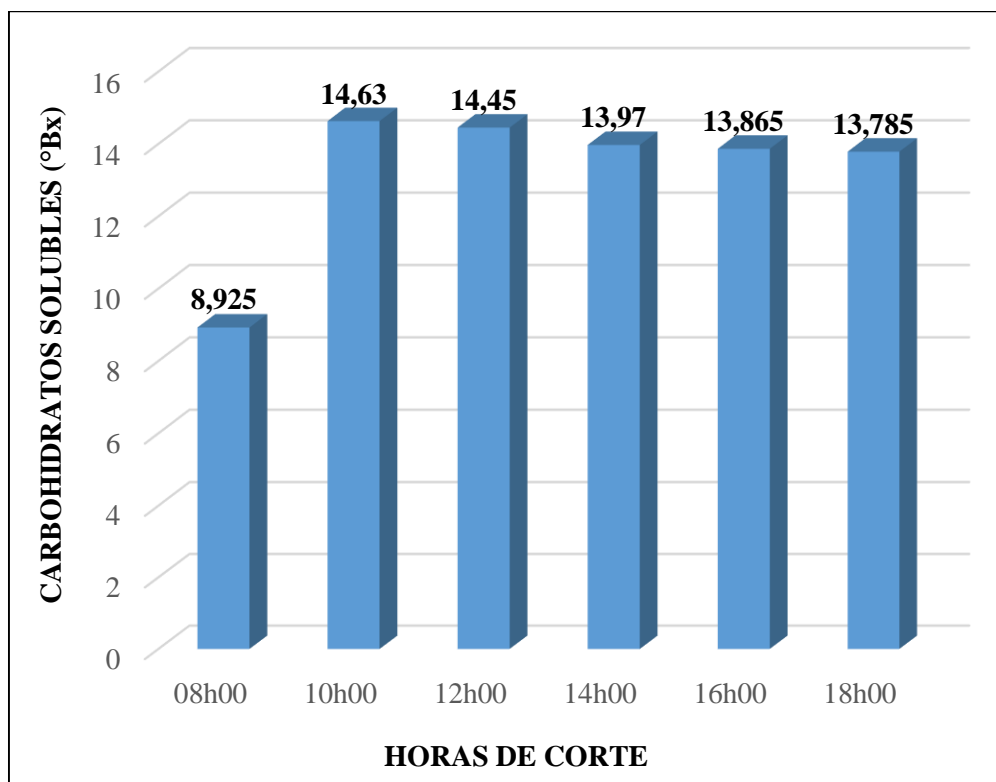


Gráfico 9-3: Concentración de carbohidratos solubles de la alfalfa morada nacional (*Medicago sativa*), a la edad de 45 días a diferentes horas de corte.

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

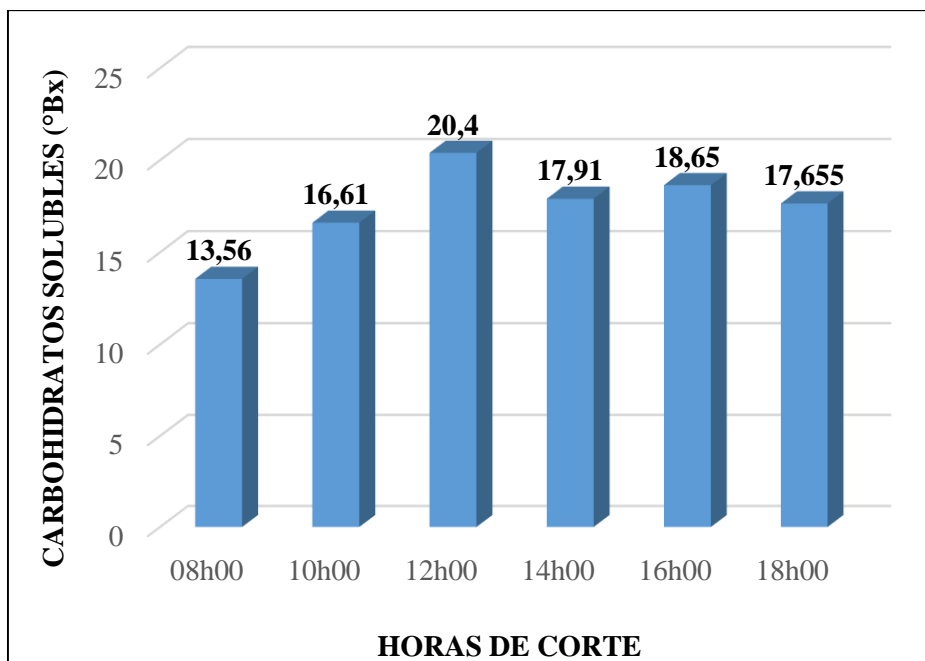


Gráfico 10-3: Concentración de carbohidratos solubles de la alfalfa morada nacional (*Medicago sativa*), a la edad de 60 días a diferentes horas de corte.

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

Mediante el análisis de varianza de la regresión para el contenido de carbohidratos solubles de la alfalfa morada a los 45 días de edad y las diferentes horas de corte, se determinó un modelo de regresión polinomial cuartica significativa ($P < 0.01$), donde se infiere que partiendo de un intercepto de -267.4, la concentración de carbohidratos solubles inicialmente tiende a incrementar un 83.87, para luego decrecer en -9.179 conforme avanza las horas del día, seguidamente asciende en 0.438 y finalmente decrece en -0.007, el mismo que alcanzo un coeficiente de determinación de R^2 98.2%, que se intercepta con el 98.2% de la concentración de carbohidratos solubles dependiendo de las horas de corte, mientras que el 1.8% se debe a otros factores ajenos a los de esta investigación. Como se observa en el gráfico 11-3.

Al evaluar el contenido de carbohidratos solubles de *Medicago sativa*, mediante el análisis de varianza de la regresión con respecto a la edad de 60 días y las diferentes horas de corte, reportó un modelo de regresión polinomial cuadrática significativa ($P < 0.01$), partiendo de un intercepto de -9.787, incrementa en 4.108 al realizar la medición a las 14h00, posteriormente decrece en -0.144 en las últimas horas de corte, a la vez registro que el coeficiente de determinación fue de 64.5%, esto quiere decir que de este porcentaje dependen la concentración carbohidratos solubles con respecto a las horas del día, por otro lado el 35.5% depende de otros factores de manejo del cultivo. Gráfico 12-3.

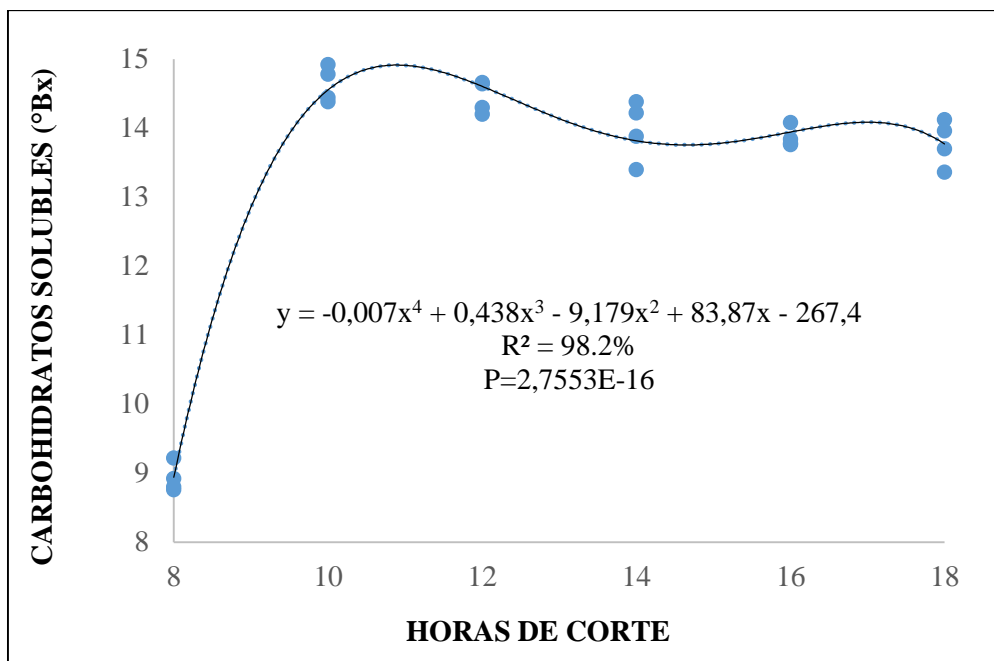


Gráfico 11-3: Regresión a los 45 días de edad sobre la concentración de carbohidratos solubles de la alfalfa morada nacional (*Medicago sativa*), a diferentes horas de corte.

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

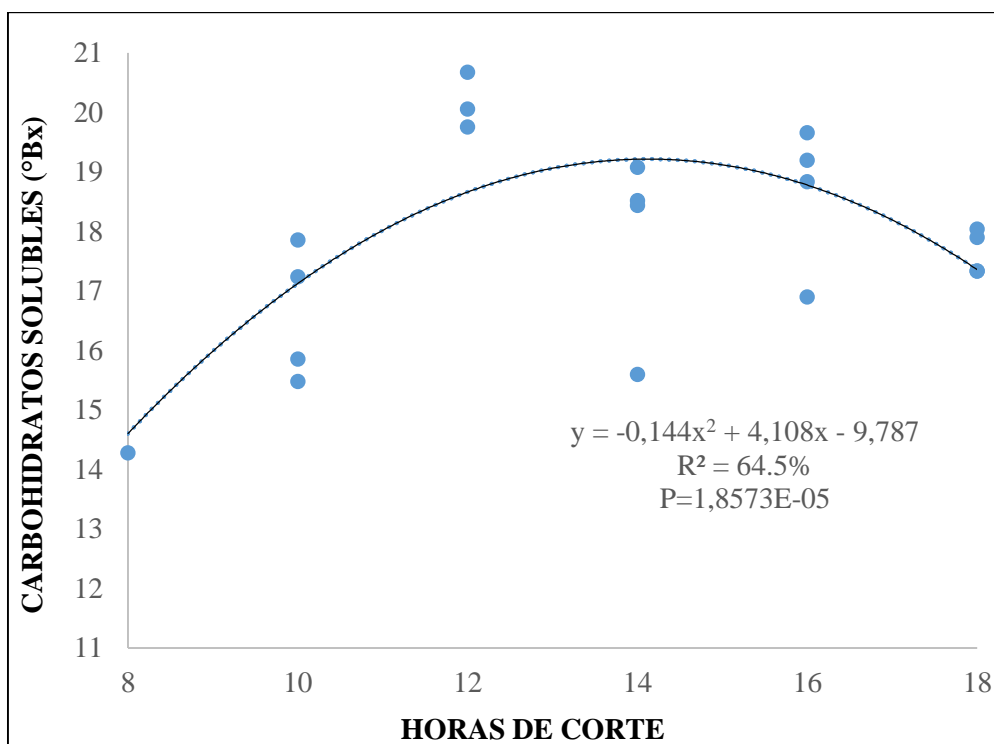


Gráfico 12-3: Regresión a los 60 días de edad sobre la concentración de carbohidratos solubles de la alfalfa morada nacional (*Medicago sativa*), a diferentes horas de corte.

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

3.1.5. Producción de biomasa verde (t/FV/ha/corte)

Al evaluar la producción de biomasa verde (t/FV/ha/corte) de la alfalfa morada nacional, por efecto de la edad de corte (Factor A), no existió diferencias significativas ($P>0.05$), a pesar de ello se registró diferencias numéricas, siendo la mayor producción de forraje a los 45 días con 15.67 t/FV/ha/corte/, mientras que a los 60 días reporto una menor producción de 15.48 t/FV/ha/corte. Tabla 1-3 y gráfico 13-3.

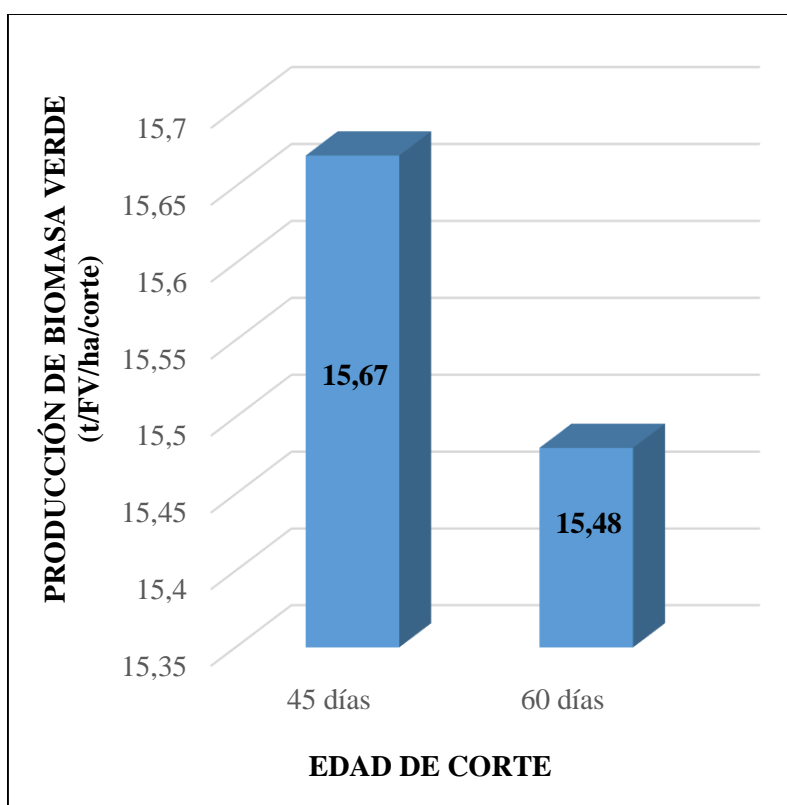


Gráfico 13-3: Producción de biomasa verde de la alfalfa morada nacional (*Medicago sativa*), a diferentes edades de corte.

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

La cosecha de la alfalfa depende de la luz solar y de la madurez óptima de la planta, debe almacenar reservas de recuperación para el siguiente corte, de esta manera se asegurara la longevidad del cultivo, la alfalfa debe ser cosechada cuando presente del 10-15% de floración y posea del 55-60% de humedad, en invierno cada 40-45 días se debe realizar corte para lograr extraer la máxima calidad y rendimiento del mismo. (InfoRural, 2012).

Al evaluar las horas de corte (Factor B), para la variable producción de biomasa verde, según el análisis de varianza, reporto diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), en donde el mejor tratamiento fue en las parcelas evaluadas a las 08h00 con 17.31 t/FV/ha/corte, y el menor fue a las 18h00 con 13.08 t/FV/ha/corte. Tabla 1-2 y gráfico 14-3.

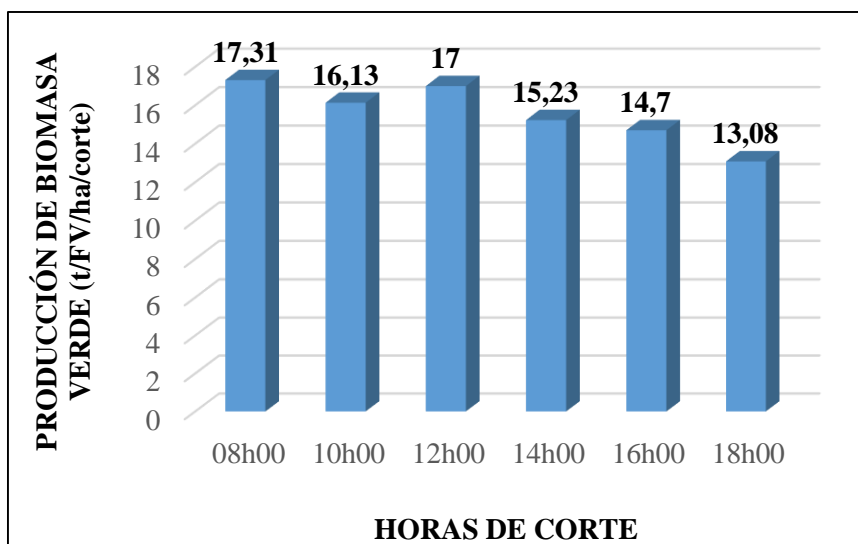


Gráfico 14-3: Producción de biomasa verde de la alfalfa morada nacional (*Medicago sativa*), a diferentes horas de corte.

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

La interacción entre edad y horas de corte de la alfalfa morada, (Factor A x Factor B), no se reportó diferencias estadísticas ($P > 0.05$), tan solo numéricos, siendo el mejor tratamiento a los 45 días a las 08h00 con 18.04 t/FV/ha/corte, mientras que la menor producción de biomasa verde fue a los 45 días a las 18h00 con 14.76 t/FV/ha/corte. Tabla 3-3.

Tenorio (2011, pp. 35-36), quien menciona que la alfalfa morada al utilizar 3, 4 y 2 kg/ha de *Rhizobium meliloti* tiene una producción de 24.42, 23.19 y 20.15 t/FV/ha/corte, valores superiores a los registrados de esta investigación, esto se debió a la utilización de *Rhizobium meliloti* mas el abono orgánico vermicompost, ya que esta bacteria fija nitrógeno de la atmosfera y lo traslada a las raíces de las leguminosas para convertirle en un fertilizante nitrogenado que ayuda a desarrollar al máximo el potencial productivo de las plantas. Heredia (2011, pp. 35-38), reporta que al utilizar diferentes niveles de micorrizas y abono orgánico bovino, obtuvo producción de biomasa verde desde 12.11 hasta 6.89 t/FV/ha/corte, producciones menores a esta investigación, esto se debió a que el abono no fue aplicado correctamente y no hubo una buena descomposición. (InfoRural, 2012).

3.1.6. Producción de materia seca (t/MS/ha/corte)

Al evaluar la producción de materia seca t/MS/ha/corte de la alfalfa morada nacional (*Medicago sativa*), con respecto a la edad de corte, (Factor A), existió diferencias altamente significativas ($P<0.01$), siendo la mayor producción de materia seca a los 60 días con 3.92 t/MS/ha/corte, mientras que a los 45 días de edad se reportó 3.28 t/MS/ha/corte. Tabla 1-3 y gráfico 15-3.

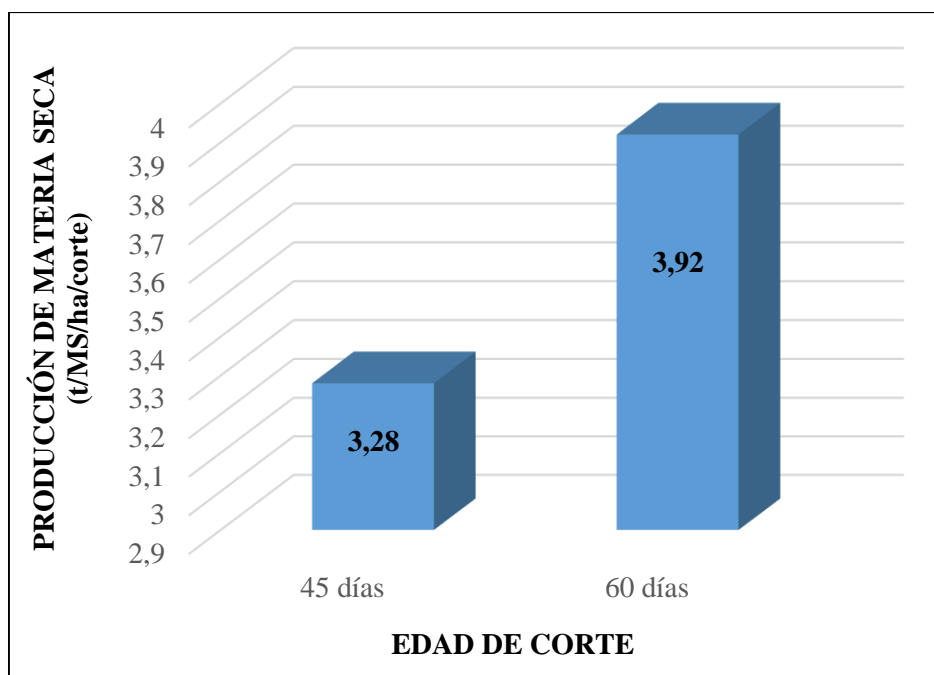


Gráfico 15-3: Producción de materia seca de la alfalfa morada nacional (*Medicago sativa*), a diferentes edades de corte.

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

Al analizar las diferentes horas de corte, (Factor B), se determinó diferencias altamente significativas ($P<0.01$), siendo la mayor producción de materia seca en las parcelas evaluadas a las 12h00, con una producción de 4.13 t/MS/ha/corte, mientras que el menor tratamiento se registró a las 18h00 con una producción de 3.09 t/MS/ha/corte. Observe tabla 2-3 y gráfico 16-3.

Cordovez (2009, pp. 86-87), utilizó diferentes niveles de bokashi a diferentes tiempos de aplicación en las parcelas a los 10, 5 y 0 días post corte, en donde obtuvo el mejor tratamiento al aplicar el bokashi a los 5 días post corte con 21.21 t/ MS/ha/año, mientras que a los 10 y 0 días post corte obtuvo 19.10 y 17.10 t/ MS/ha/año, valores que son similares a los de esta investigación.

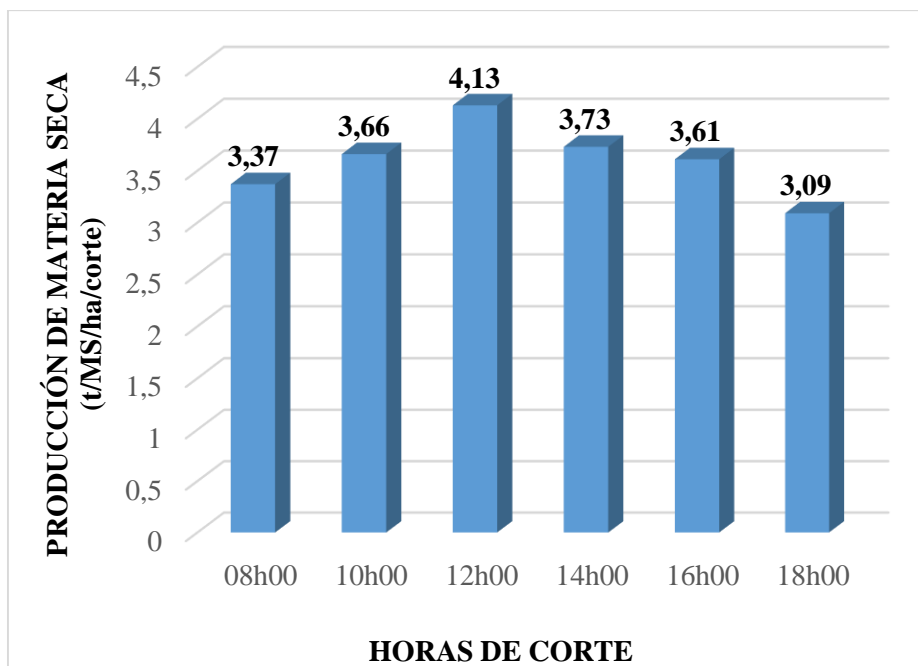


Gráfico 16-3: Producción de materia seca de la alfalfa morada nacional (*Medicago sativa*), a diferentes horas de corte.

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

La producción de materia seca de *Medicago sativa*, en función de la interacción edad y horas de corte, no reporto diferencias estadísticas ($P > 0.05$) entre los tratamientos, se registró solo diferencias numéricas, en donde los tratamientos con mayor producción de materia seca fue a los 60 días de edad a las 12h00 con 4.33 t/MS/ha/corte y la respuesta más baja se registró en el tratamiento a los 45 días de edad a las 18h00 con 2.42 t/MS/ha/corte. Tabla 3-3.

Comparando con otros autores como Núñez (2014, pp. 42-44), quien utilizó diferentes niveles de ecoabonaza; T4 (7t/ha), T3 (6t/ha), T2 (5t/ha), T1 (4t/ha), T0 (0t/ha), obtuvo 5.92, 5.26, 5.43, 4.64 y 4.96 t/MS/ha/corte en alfalfa morada, presento valores superiores a los de esta investigación esto se debió a la utilización de diferentes niveles de ecoabonaza, abono orgánico que ayuda a mejorar la contextura del suelo, a retener humedad, volviéndolo más rico en materia orgánica de manera que sea aprovechado por los diferentes cultivos y así obtener un forraje de calidad

3.1.7. Humedad (%)

Al analizar el contenido de humedad, se reportaron valores superiores en las parcelas analizadas a los 45 días de edad a las 08h00, alcanzando un 82.11%, mientras que el menor contenido de humedad fue a los 60 días de edad a las 14h00 con un valor de 72.40%. Tabla 4-3.

Al comparar con otros autores como Aragadvay (2010, p. 66), obtuvo humedades de la alfalfa morada que van desde 73.44% hasta 83.00%, al utilizar diferentes niveles de bacterias *Rhizobium meliloti*, más la adición de estiércol de cuy, valores similares a esta investigación.

3.1.8. Proteína (%)

Al realizar el análisis proximal de la alfalfa morada, reporto que el mayor porcentaje de proteína fue a los 45 días de edad a las 14h00, alcanzando un contenido de 21.11%, mientras que el menor contenido de proteína se registró a los 60 días de edad a las 18h00, con un 17.72% de proteína. Como se observa en la tabla 4-3.

Lemache (2015, p.78), quien realizó un estudio en la alfalfa morada (*Medicago sativa*), al aplicar diferentes té de estiércol (bovino, ovino y gallinaza), reporto el mayor contenido de proteína (24.00%) al utilizar el té de estiércol de gallinaza, mientras que con la utilización de los té de estiércol de ovino y bovino, registró contenidos de 24.00% y 23.41% de proteína, valores superiores a los obtenidos en esta investigación, esto se debió a estos que ayudan al desarrollo de los cultivos, mientras que en esta investigación no se aplicó ningún fertilizante, ni abono orgánico, por ende los valores son inferiores.

3.1.9. Extracto etéreo (%)

En cuanto al extracto etéreo del *Medicago sativa*, el mayor contenido fue a la edad de 45 días a las 10h00, con 2.87%, mientras que el menor contenido fue las 08h00, alcanzando una concentración de 2.30% de extracto etéreo. Véase tabla 4-3.

Núñez (2014, p. 65), al realizar la evaluación de ecoabonaza en la producción forrajera del *Medicago sativa* (Alfalfa morada), reporto extracto etéreo de 2.45% al utilizar 7 t/ecoabonaza/ha, seguidamente de 2.29, 2.24 y 2.01% al utilizar 4,6 y 5 t/ecoabonaza/ha, el tratamiento control reporto 1.68% de extracto etéreo de la alfalfa morada, valores similares a los de la esta investigación.

3.1.10. Cenizas (%)

Al determinar el contenido de cenizas de la alfalfa morada nacional (*Medicago sativa*) en estudio, se registró que la mayor concentración fue a los 45 días de edad a las 10h00, con 10.86% de cenizas, mientras que el menor contenido fue a los 60 días de edad a las 14h00, con 8.02% de cenizas. Observar tabla 4-3.

Núñez (2014, p. 65), al realizar la evaluación con ecoabonaza en la producción de alfalfa morada, obtuvo 10.58% de cenizas, al aplicar 7 t/ecoabonaza/ha, el contenido más bajo de cenizas fue de 8.66%, cuando no se aplicó ningún tipo de abono, valores similares a esta investigación.

3.1.11. Fibra (%)

El mayor contenido de fibra de la alfalfa morada nacional (*Medicago sativa*), se reportó a los 60 días a las 14h00 alcanzando un 36.80%, por otra parte el menor contenido de fibra fue a los 45 días de edad a las 14h00, con un contenido de 23.45 % de fibra. Como se nota en la tabla 4-3.

Comparando con Lemache (2015, p.78), quien utilizo diferentes niveles de té de estiércol en la producción de alfalfa morada, reporto que el contenido de fibra va desde 25.9 hasta 26.34%, valores similares a los de esta investigación por efecto de la edad y horas de corte.

Tabla 4-3: Composición bromatológica de la alfalfa morada nacional (*Medicago sativa*), a diferentes edades y horas de corte.

COMPONENTE	45 DÍAS						60 DÍAS					
NUTRICIONAL	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00
Humedad (%)	82.11	78.56	78.02	78.53	78.05	78.76	78.84	75.92	73.11	72.40	73.04	74.53
Proteína (%)	20.06	20.31	21.02	21.11	19.81	18.99	19.92	20.02	19.13	19.42	19.06	17.72
Extracto etéreo (%)	2.30	2.87	2.66	2.79	2.59	2.56	2.36	2.62	2.58	2.80	2.79	2.67
Cenizas (%)	10.24	10.86	9.98	9.43	9.88	9.18	10.25	8.20	8.37	8.02	8.36	10.09
Fibra (%)	24.50	23.90	23.96	23.45	24.02	24.96	31.70	34.00	34.50	36.80	34.22	35.80

Fuente: Laboratorio de análisis químico agropecuario. AGROLAB. (2019)

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

3.2. Evaluación económica

Mediante el análisis económico de la producción de la biomasa verde t/FV/ha/corte, de la alfalfa morada nacional (*Medicago sativa*), se determinó que la mayor rentabilidad se obtuvo en las parcelas que fueron cortadas a las 08h00, presentando un beneficio/costo de 1.61 (\$), es decir que por cada dólar invertido, se obtiene una ganancia de 61 centavos, el mejor tratamiento de la investigación tiene una rentabilidad del 61%, como se ve en la tabla 5-3.

Seguidamente están los tratamientos de menor rentabilidad a las, 12h00 con 1.58 (\$), es decir con el 58% de rentabilidad, de igual forma está el tratamiento evaluado a las 10h00 alcanzando un valor de 1.50 (\$), con el 50% de rentabilidad, a las 14h00 y 16h00, se reportó los siguientes indicador beneficio/costo, 1.42 (\$) y 1.37 (\$), en su orden.

Finalmente el tratamiento que obtuvo una menor rentabilidad fue en las parcelas analizadas a las 18h00, alcanzando 1.22 (\$), es decir el 22% de rentabilidad, además esto indica que por cada dólar invertido se tiene una ganancia de 22 centavos.

Tabla 5-3: Evaluación económica de la alfalfa morada nacional (*Medicago sativa*), en respuestas a diferentes horas de corte

PARÁMETROS	Horas de corte					
	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00
EGRESOS						
Establecimiento de pradera	600	600	600	600	600	600
Mano de obra ¹	450	450	450	450	450	450
Servicios básicos ²	10	10	10	10	10	10
Depreciación de herramientas ³	10	10	10	10	10	10
Transporte ⁴	5	5	5	5	5	5
TOTAL EGRESOS	1075	1075	1075	1075	1075	1075
INGRESOS						
Producción de biomasa verde t/FV/ha/corte ⁵	17.31	16.13	17.00	15.23	14.70	13.08
Cotización de forraje (\$) ⁶	100	100	100	100	100	100
TOTAL INGRESOS	1731	1613	1700	1523	1470	1308
BENEFICIO/COSTO (USD)	1.61	1.50	1.58	1.42	1.37	1.22

1. Mano de obra: \$ 150.0/Persona /mes/ tratamiento

2. Servicios básicos (Agua): \$ 10/Tratamiento

3. Depreciación de herramientas: \$10/Tratamiento

4. Transporte: \$ 5/Tratamiento

5. Producción de FV/t/h/corte

6. Cotización de Forraje 100.00 t

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

CONCLUSIONES

- La mayor concentración de carbohidratos solubles en la alfalfa morada, fue a los 60 días de edad a las 12h00 con 20.4 grados brix (°Bx), los cuales fueron tomados mediante un refractómetro digital, en la época de invierno, datos que se encuentran dentro de la escala mencionada por Bruixot, 17 grados Brix en adelante, contiene grandes cantidades de azúcares y alta densidad de nutrientes.
- La cobertura basal (%), cobertura aérea (%) y altura de la planta (cm), de la alfalfa morada, registraron su mejor comportamiento a los 60 días de edad de corte, con 58.75, 88.21 y 80.86, respectivamente, mientras que las mejores horas de corte con respecto a estas mediciones fueron a las 10h00, 08h00 y 12h00, alcanzando el 60.70% de cobertura basal, 90.20% de cobertura aérea y 76.64 cm de altura.
- La mayor producción de biomasa verde t/FV/ha/corte, fue a los 45 días, con una producción de 15.67 t/FV/ha/corte, la hora más acertada para realizar el corte fue a las 08h00 con una producción de 17.31 t/FV/ha/corte; por otro lado el mejor tratamiento para la materia seca fue a los 60 días de edad con 3.92 t/MS/ha/corte, y la hora más propicia de corte fue a las 12h00 con 4.13 t/MS/ha/corte.
- La proteína de la alfalfa morada, reportó su mejor comportamiento a los 45 días de edad, en las parcelas que fueron evaluadas a las 14h00, alcanzando un contenido de 21.11% de proteína, mientras que el mayor contenido de fibra fue a los 60 días de edad de corte, en aquellas parcelas que fueron cosechadas a las 14h00, llegando al valor máximo de 36.80% de fibra, de esta forma el forraje se hace menos digerible para los animales.
- El mayor beneficio costo en la producción de la alfalfa morada nacional (*Medicago sativa*), con respecto a las horas de corte, se registró a las 08h00, con 1.61 (\$), es decir que por cada dólar invertido se obtiene una rentabilidad de 61 centavos.

RECOMENDACIONES

- Realizar el corte de la alfalfa morada nacional (*Medicago sativa*), a los 60 días de edad, en donde exista mayor concentración de luz, es decir de 12h00-14h00, puesto que a esa edad y a esa hora de corte se presenta el mayor contenido de carbohidratos solubles y la mejor calidad.
- Realizar nuevas investigaciones utilizando este nuevo dispositivo portátil, para la determinación de carbohidratos solubles, en otros pastos y forrajes a diferentes edades y horas de cosecha, y de esta manera ayudar a los diferentes productores a nivel provincial y nacional.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ALEMANIA. HANNA, INSTRUMENT.** *Manual de instrucciones del refractómetro para mediciones de sacarosa HI 96801.* [En línea]. 2019.
[Consulta: 07/03/2019].
<https://www.hannainst.es/138-productos#/categorias-productos>.
2. **ALEMANIA. KERN & SOHN.** *Refractómetros digitales.* [En línea]. 2019: pp. 1-9.
[Consulta: 12/07/2019].
<https://www.kern-sohn.com/data/zusatzseiten/downloads/z-co-es-kp-digital-refractometers.pdf>
3. **ANNEKEY Nelson.** *Carbohidratos y temas relacionados.* [Blog]. 201: p.1.
[Consulta: 5/03/2019/].
<http://carbohidratosytemasrelacionados.blogspot.com/2011/04/carbohidratos-en-plantas-funciones.html>.
4. **ARAGADVAY YUNGÁN, Ramon Gonzalo.** *Efecto de la aplicación de diferentes niveles de bacterias Rhizobium meliloti con la adición de estiércol de cuy en la producción forrajera del Medicago sativa. (TESIS).* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencia Pecuarias, Escuela de Ingeniería zootécnica, Riobamba-Ecuador. 2010. p.66.
5. **ARGENTINA. INFOAGRO.** *El cultivo de la alfalfa.* [En línea]. Argentina, 2019: pp: 1-2.
[Consulta: 03/03/2019].
<http://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/alfalfa.htm>.
6. **ARGENTINA. INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA.** *Cultivo de alfalfa: Siembra.* [En línea]. San Juan, 2013: p. 2.
[Consulta: 06/03/2019].
https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-hi19alfalfasiembra__4_.pdf
7. **ARRIETA, Inés, & ROMERO, Carla.** *Alfalfa-Cursos de pasturas.* [En línea]. Montevideo, 2008: pp. 10-30.
[Consulta: 05/03/2019/]
<http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/PASTURAS%20CRS/Seminarios%202008/Alfalfa.pdf>.

8. **ASTUDILLO MARTÍNEZ, Henry Rodrigo.** *Determinación de la edad y hora de corte sobre la concentración de carbohidratos solubles en el Panicum máximum (PASTO GUINEA).* (TESIS). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencia Pecuarias, Escuela de Ingeniería zootécnica. Riobamba-Ecuador. 2014. pp. 1-62.
9. **CANARIAS. AGRO Waste.** *Vermicompostaje.* [Blog]. Gobierno de canarias: 2019, p. 3. [Consulta: 01/07/2019].
<http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/campus/doc/htmls/sostenibilidad/vermicompostaje.pdf>
10. **CASTILLO, A., et al.** “Producción de forraje en los pastos *Brachiari decumbens* cv. Amargo y *Brachiaria brizanta* cv. Toledo, sometidos a tres frecuencias y a dos intensidades de defoliación en condiciones del piedemonte llanero Colombiano”. *Rev. Fac. Nac. Agron*, vol. 61, n° 1 (2008), (Colombia) pp. 1-11.
11. **CHACÓN TIPAN, Dolile Rivelino.** *Evaluación de diferentes niveles de abono foliar (Biol) en la producción de forraje del Medicago sativa en la estación experimental Tunshi.* (TESIS). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencia Pecuarias, Escuela de Ingeniería zootécnica. Riobamba-Ecuador. 2010. pp. 55-57.
12. **CHASIPANTA CHUQIMARCA, Calos Alberto.** *Evaluación de tres frecuencias de defoliación y tres horas de aprovechamiento diario sobre la acumulación de carbohidratos solubles en pasturas de rye grass perenne (Lolium perenne) y trébol blanco (Trifolium repens) en época de invierno (Face1).* (TESIS). Universidad Central de Ecuador, Facultad de Medicina Veterinaria y zootecnia, Carrera de Medicina Veterinaria y zootecnia. Quito-Ecuador. 2016. pp. 1-39.
13. **CORDOVEZ BARAHONA, Marcela de los Angeles.** *Evaluación de diferentes niveles de tiempos de aplicación del abono orgánico bokashi en la producción de forraje de la alfalfa (Medicago sativa).* (TESIS). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencia Pecuarias. Escuela de Ingeniería zootécnica. Riobamba-Ecuador. 2009. pp. 86-87.
14. **CORREA MOROCHO, Santiago Paul.** *Evaluación de diferentes dosis de vermicompost y giberelinas en la producción forrajera de Medicago sativa (Alfalfa).* (TESIS). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencia Pecuarias, Escuela de Ingeniería zootécnica. Riobamba-Ecuador. 2013. pp. 41-79.

15. **ECUADOR. ACCUWEATHER.** *Condiciones meteorológicas de Riobamba.* [Blog]. Riobamba, Ecuador: 2018.
[Consulta: 02/03/2019/].
<https://www.accuweather.com/es/ec/riobamba/122060/weather-forecast/122060>
16. **ECUADOR. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS.** *El uso del suelo en el Ecuador.* [En línea]. 2018: p.1.
[Consulta: 06/03/2019].
<https://twitter.com/ecuadorencifras/status/428594684206669824>
17. **ECUADOR. LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AGROPECUARIO, AGROLAB.** (2019). Composición bromatológica de la alfalfa morada (*Medicago sativa*), a diferentes edades y horas de corte.
18. **ELIZALDE, J.C. & SANTINI, F.J.;** citados en **FERNÁNDEZ, A.** *Factores nutricionales que limitan las ganancias de peso en bovinos durante el periodo otoño-inviernos.* [En línea]. [Consulta: 02/07/2019]. EEA Balcarce. Boletín técnico 104,27p.
19. **ERAZO MELO, Carlos.** *Cuantificación de carbohidratos no estructurales en tres variedades de Arroz (Oriza sativa L), en diferentes etapas de desarrollo y su relación con el rendimiento de la planta. (TESIS).* Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Química. San Juan de Pasto-Colombia. 2014. pp.1-30.
20. **ESPAÑA. ECOHORTUM.** *Como cultivar alfalfa.* [En línea]. Europa, España: 2013.
[Consulta: 06/03/2019].
<https://ecohortum.com/como-cultivar-alfalfa/>.
21. **ESPAÑA. EL BRUIXOT.** *El secreto de una planta bien alimentada.* [Blog]. 2013.
[Consulta: 28/06/2019].
<http://www.elbruixot.com/semillasdemaria/grados-brix-el-secreto-de-una-planta-bien-alimentada/>
22. **ESPAÑA. FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA EL DESARROLLO DE LA NUTRICIÓN ANIMAL.** *Valor nutritivo de los forrajes y subproductos fibrosos húmedos.* [En línea]. 2016.
[Consulta: 07/03/2019].
http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/alfalfa-en-rama.

23. **ESTADOS UNIDOS. WIKIFARMER.** *Información de la planta de alfalfa.* [En línea]. 2017.
[Consulta: 24/02/2019].
<https://wikifarmer.com/es/informacion-de-la-planta-de-alfalfa/>.
24. **FERNÁNDEZ, A.** *El efecto de los azúcares solubles sobre la ganancia de peso y su relación con el manejo de los verdeos de invierno.* [En línea]. Sitio Argentino de Producción Animal, Buenos Aires, 2009.
[Consulta: 01/02/2019].
http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_verdeos_invierno/90-ganaderia_ganancia_peso.pdf
25. **FERNÁNDEZ, A., et al.** “Influencia de los carbohidratos solubles de los forrajes frescos encañados sobre la producción de carne”. *Revista Investigación Pecuaria*, vol. 2, n° 2 (2015), (Argentina-Cuba). pp. 1-17.
26. **FLORES.** *Alfalfa.* [Blog]. 2014.
[Consulta: 05/03/2019]
<https://www.flores.ninja/alfalfa/>.
27. **GAVIRIA, X., et al.** “Calidad nutricional y fraccionamiento de carbohidratos y proteína en los componentes forrajeros de un sistema silvopastoril intensivo”. *Pastos y forrajes*, vol. 38, n° 2 (2015), (Colombia) pp. 194-201.
28. **GROOT, L. and A. BOGDANSKI.** *Biol=Brown Gold? A review of scientific literature on the co-product of biogas production.* *Environment an Natural Resourse Series.* Fao, (2013). (Rome, Italy). p32.
29. **HEREDIA CISNEROS, Andrea Liliana.** *Evaluación del comportamiento forrajero del Medicago sativa bajo la aplicación de diferentes niveles de micorrizas y abono orgánico bovino. (TESIS).* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencia Pecuarias, Escuela de Ingeniería zootécnica. Riobamba-Ecuador. 2011. pp. 35-68.
30. **HERNÁNDEZ, D.; CITADO EN CHUGÑAY, D.** *La alfalfa en la alimentación del ganado.* [En línea]. 2013-2014.
[Consulta: 08/03/2019].

<http://alimentacionderumiantes.blogspot.com/2013/03/la-alfalfa-en-la-alimentacion-del-ganado.html>

31. **JUÁREZ, F. I., FOX, D. G., BLAKE R. W., & PELL, A. N.; citado en GAVIRIA, X. et al.** “Evaluation of tropical grasses for milk production by dual-purpose cows in tropical México”. *J Dairy Sci*, vol. 82, n° 10 (1999-2015), pp. 2136-2145.
32. **JUSCAFRESA, B. (2003); citado en USCA, B. (2015).** *Forrajes, fertilizantes y valor nutritivo*. 2da.ed. España: AEDOS.
33. **LEMA MIRANDA, Silvia Mónica.** *Utilización de un fertilizante orgánico-mineral (Pasto leche) en la producción de Medicago sativa (Alfalfa) en la parroquia San Luis cantón Riobamba. (TESIS).* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencia Pecuarias, Escuela de Ingeniería zootécnica. Riobamba-Ecuador. 2018. pp. 35-40.
34. **LEMACHE DAMIÁN, Piedad Cristina.** *Utilización de diferentes téis de estiércol en la producción de Medicago sativa (Alfalfa), variedad flor morada. (TESIS).* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencia Pecuarias, Escuela de Ingeniería zootécnica. Riobamba-Ecuador. 2015. p. 78.
35. **LEÓN PINDUISACA, Cristiand Danielo.** *Efecto de tres dosis de trichoderma en la producción primaria del Medicago sativa (Alfalfa) en la granja Guaslan Magap. (TESIS).* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencia Pecuarias, Escuela de Ingeniería zootécnica. Riobamba-Ecuador. 2015. pp.65-94.
36. **LÓPEZ-BUCIO, J; citado en LEÓN, C.** “Trichoderma sp, a plant beneficial fungus enhances biomass production and promotes lateral root growth through an auxin-dependent mechanism in Arabidopsis”. *Plantphysiol*, vol.149, 1579-1592.
37. **LÓPEZ PILCO, Ana Belén.** *Evaluación de diferentes niveles de vinaza aplicados basalmente en la producción forraje del Medicago sativa (ALFALFA). (TESIS).* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencia Pecuarias, Escuela de Ingeniería zootécnica. Riobamba-Ecuador. 2011. pp. 47-48.
38. **LÓPEZ GALVIS, Heriberto.** *Los carbohidratos en las plantas.* [En línea]. 2016, pp.9-14. [Consulta: 04/03/2019].
<https://prezi.com/mjlvms7uwone/los-carbohidratos-en-las-plantas/>

39. **MARCILLO MORLA, Fabricio.** *Carbohidratos*. [En línea]. 2001, pp.3-6.
[Consulta: 09/02/2019].
<https://docplayer.es/3986363-Carbohidratos-fabrizio-marcillo-morla-mba-barcillo-gmail-com-593-9-4194239.html>.
40. **MEISSNER, H.** *Recent research on forage utilization by ruminant livestock in South Africa*. [En línea]. 1997.
[Consulta: 01/03/2019].
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840197816264>
41. **MÉXICO. INFORURAL.** *Alfalfa, siembra y cosecha*. [En línea]. 2012.
[Consulta: 03/07/2019].
<https://www.inforural.com.mx/alfalfa-siembra-y-cosecha/>
42. **MONTEMAYOR, T. J. et al.** “Uso del agua en la alfalfa (*Medicago sativa*) con riego por goteo superficial”. *Revista Mexicana de ciencias pecuarias*. [En línea], 2010, (México) vol. 1, n° 2 pp. 146-147.
[Consulta: 06/03/2019].
https://www.researchgate.net/publication/43921041_Uso_del_agua_en_la_alfalfa_Medicago_sativa_con_riego_por_goteo_subsuperficial.
43. **MORENO, G. (2007); citado en TIMANA, N. (2015).** *Funciones de los nutrientes en la planta de alfalfa*. [En línea]. Stoller S.A. info@stoller.com.ar, 2007-2015.
[Consulta: 01/03/2019].
http://www.produccion_animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_alfalfa/114-nutrientes_25.pdf
44. **NÚÑEZ TOSCANO, Elías Saúl.** *Evaluación de ecoabonaza en la producción forrajera del *Medicago sativa* (Alfalfa)*. (TESIS). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencia Pecuarias, Escuela de Ingeniería zootécnica. Riobamba-Ecuador. 2014. pp. 42-65.
45. **PANTALEÓN CCOA, Arturo Hubert.** *Instalación y manejo de la alfalfa en zonas altoandinas*. 1ª. ed. Lima-Perú: Ed: Caritas del Perú. (2016).pp. 7-26.
46. **RAWSON, H., Y GÓMEZ, H.** *Manejo del cultivo*. [En línea]. Organización de las naciones unidas y alimentación. Roma 2001: pp: 35-98.
[Consulta: 02/08/2019].

<http://www.fao.org/3/x8234s/x8234s00.htm#Contents>

47. **REBUFFO, M., RISSO, D., Y RESTANIO, E.** *Tecnología en alfalfa*. [En línea]. Bolentinde divulgación N° 69, 2000:p.11.
[Consulta: 25/02/2019].
<http://inia.uy/en/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807160703.pdf>
48. **ROMERO, J.; citado en ASTUDILLO, H.** *Ensilaje de leguminosas con énfasis en alfalfa y soya*. [En línea]. 2004-2014. [Consulta: 02/03/2019]. pp. 45-46.
49. **ROMERO, N., COMERÓN, E., y USTARROZ, E. (1995).** *Manejo y utilización de la alfalfa*. [En línea]. 1995.
[Consulta: 05/03/2019].
http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_alfalfa/26-crecimiento_y_utilizacion.pdf.
50. **SEGARRA, D.** *El cultivo de la alfalfa*. [En línea]. 2005: p. 17.
[Consulta: 05/03/2019].
http://open_jicareport.jica.go.jp/pdf/11814050_01.pdf
51. **SOMMANTICO, S.** *Todo sobre la implantación de alfalfa para logran altos rendimientos*. [En línea].2018
[Consulta: 13/02/2019].
<https://www.infocampo.com.ar/todo-sobre-la-implantacion-de-alfalfa-para-lograr-altos-rendimientos/>.
52. **SUÁREZ, E., REZA, S., CUADRADO, H., PASTRANA, I., CARVAJAL, M. y MEJÍA, S.** “Variación en la concentración de solidos solubles durante el día, en tres pastura en época seca en el valle medio del río Sinú”. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu, Mosquera*, vol. 16, n° 2 (2015), (Colombia) pp. 181-188.
53. **TENORIO QUISPE, Carmita Jackeline.** *Evaluación de diferentes niveles de Rhizobium meliloti más a adición de vermicompost en la producción de forraje del Medicago sativa (Alfalfa)*. (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencia Pecuarias, Escuela de Ingeniería zootécnica. Riobamba-Ecuador. 2011. pp. 35-36.

54. **TRINIDAD, A.; citado en CORREA, S.** *Abonos orgánicos*. Secretaria de agricultura, ganadería, Desarrollo Rural, Pecas y Alimentación (SEGARPA), México D.F. México. Edit Gineseo. pp34-45.
55. **UREÑA, F.** *Digestión, absorción, y metabolismo de los carbohidratos en monogástricos y rumiantes*. [En línea]. 2019.
[Consulta: 27/02/2019].
<https://www.uco.es/zootecniaygestion/menu.php?tema=153>
56. **USCA TIUQUINGA, Bety Maribel.** *Evaluación de diferentes niveles de un biofertilizante orgánico en la producción forrajera del Medicago sativa var. Abunda verde (alfalfa)*. (TESIS). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencia Pecuarias, Escuela de Ingeniería zootécnica, Riobamba-Ecuador. 2015. pp. 38-40.
57. **VAS MARTIN, D. Y MESSA, A.; citado en FERNÁNDEZ, A..** “Las bajas ganancias otoñales en bovinos, un fenómeno multicausal”. *Revista INIA*, vol. 10 (2007-2012) pp. 2-5.
58. **VENEZUELA. MUNDO PECUARIO.** *Medicago sativa-Alfalfa*. [En línea]. 2019.
[Consulta: 09/03/2019].
<https://mundo-pecuario.com/tema192/leguminosas/alfalfa-1071.html>
59. **ZAMBRANO, L.; citado en USCA, B.** *Efecto de los abonos orgánicos*. [En línea]. 2003-2015.
[Consulta: 25/02/2019].
https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:SWMjLH0oe1UJ:www.co_fenac.org/documentos/Efecto-del-Biol.pdf+aplicacion+bioles

ANEXOS

Anexo 1. Análisis estadístico de la cobertura basal (%) de la alfalfa morada (*Medicago sativa*), a diferentes edades y horas post corte.

a. Resultados experimentales

EDAD PASTO	HORA DE CORTE	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
		I	II	III	IV		
45 días	08h00	61,2	49.6	57.6	57.6	226.0	56.5
45 días	10h00	64.6	57.0	63.0	64.0	248.6	62.15
45 días	12h00	52.8	61.6	60.0	47.6	222.0	55.5
45 días	14h00	51.0	60.0	59.6	51.4	222.0	55.5
45 días	16h00	53.2	51.8	55.8	47.0	207.8	51.95
45 días	18h00	54.8	51.4	50.6	44.4	201.2	50.3
60 días	08h00	60.2	58.4	60.8	68.6	248.0	62.0
60 días	10h00	56.0	60.0	59.6	61.4	237.0	59.25
60 días	12h00	64.6	59.4	64.0	58.4	246.4	61.6
60 días	14h00	59.6	47.6	43.6	52.2	203.0	50.75
60 días	16h00	57.8	69.2	57.6	58.2	242.8	60.7
60 días	18h00	67.6	58.8	47.6	58.8	232.8	58.2

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

b. Análisis de la varianza.

CV (%) 9.17

F.V.	GL	SC	CM	F Cal	Prob
Total	47	1781.95			
Bloques	3	50.11	16.70	0.61	0.6132
Factor A	1	141.45	141.45	5.17	0.0297
Factor B	5	353.46	70.69	2.58	0.0445
Interacción AB	5	333.36	66.67	2.43	0.0552
Error	33	903.57	27.38		

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

c. Separación de medias según Jollife ($P \leq 0.05$), por efecto de la edad del pasto.

EDAD DEL PASTO	MEDIAS	N	E.E.	RANGO
45 días	55.32	24	1.07	b
60 días	58.75	24	1.07	a

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

- d. Separación de medias según Jollife ($P \leq 0.05$), por efecto de las diferentes horas de corte.

HORA DEL CORTE	MEDIAS	N	E.E.	RANGO
14h00	53.13	8	1.85	a
18h00	54.25	8	1.85	a
16h00	56.33	8	1.85	a
12h00	58.55	8	1.85	a
08h00	59.25	8	1.85	a
10h00	60.70	8	1.85	a

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

- e. Separación de medias según Jollife ($P \leq 0.05$), por efecto de las interacciones entre la edad y las diferentes horas de corte.

EDAD DEL PASTO	HORA DEL CORTE	MEDIAS	N	E.E.	RANGO
45 días	18h00	50.30	4	2.62	a
60 días	14h00	50.75	4	2.62	a
45 días	16h00	51.95	4	2.62	a
45 días	14h00	55.50	4	2.62	a
45 días	12h00	55.50	4	2.62	a
45 días	08h00	56.50	4	2.62	a
60 días	18h00	58.20	4	2.62	a
60 días	10h00	59.25	4	2.62	a
60 días	16h00	60.70	4	2.62	a
60 días	12h00	61.60	4	2.62	a
60 días	08h00	62.00	4	2.62	a
45 días	10h00	62.15	4	2.62	a

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

Anexo 2. Análisis estadístico de la cobertura aérea (%) de la alfalfa morada (*Medicago sativa*), a diferentes edades y horas post corte.

a. Resultados experimentales

EDAD PASTO	HORA DE CORTE	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
		I	II	III	IV		
45 días	08h00	86.6	83.4	92.8	88.8	351.6	87.9
45 días	10h00	94.4	91.6	90.4	84.6	361.0	90.25
45 días	12h00	81.6	84.0	88.8	77.2	331.6	82.9
45 días	14h00	85.6	86.6	87.2	81.0	340.4	85.1
45 días	16h00	86.2	83.6	83.0	82.2	335.0	83.75
45 días	18h00	87.0	81.0	72.6	71.0	311.6	77.9
60 días	08h00	90.6	96.2	93.0	90.2	370.0	92.5
60 días	10h00	88.0	84.2	90.8	82.0	345.0	86.25
60 días	12h00	82.0	88.8	89.2	92.8	352.8	88.2
60 días	14h00	87.6	87.6	65.8	93.4	334.4	83.6
60 días	16h00	96.0	88.8	89.6	90.0	364.4	91.1
60 días	18h00	92.8	88.2	82.2	87.2	350.4	87.6

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

b. Análisis de varianza

CV (%) 6.23

F.V.	GL	SC	CM	F Cal	Prob
Total	47	1761.46			
Bloques	3	76.42	25.47	0.88	0.4620
Factor A	1	153.37	153.37	5.29	0.0279
Factor B	5	297.26	59.45	2.05	0.0970
Interacción AB	5	277.86	55.57	1.92	0.1180
Error	33	956.55	28.99		

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

c. Separación de medias según Jollife ($P \leq 0.05$), por efecto de la edad del pasto.

EDAD DEL PASTO	MEDIAS	N	E.E.	RANGO
45 días	84.63	24	1.10	b
60 días	88.21	24	1.10	a

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

- d. Separación de medias según Jollife ($P \leq 0.05$), por efecto de las diferentes horas de corte.

HORA DEL CORTE	MEDIAS	N	E.E.	RANGO
18h00	82.75	8	1.90	a
14h00	84.35	8	1.90	a
12h00	85.55	8	1.90	a
16h00	87.43	8	1.90	a
10h00	88.25	8	1.90	a
08h00	90.20	8	1.90	a

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

- e. Separación de medias según Jollife ($P \leq 0.05$), por efecto de las interacciones entre la edad y las diferentes horas de corte.

EDAD DEL PASTO	HORA DEL CORTE	MEDIAS	N	E.E.	RANGO
45 días	18h00	77.90	4	2.69	a
45 días	12h00	82.90	4	2.69	a
60 días	14h00	83.60	4	2.69	a
45 días	16h00	83.75	4	2.69	a
45 días	14h00	85.10	4	2.69	a
60 días	10h00	86.25	4	2.69	a
60 días	18h00	87.60	4	2.69	a
45 días	08h00	87.90	4	2.69	a
60 días	12h00	88.20	4	2.69	a
45 días	10h00	90.25	4	2.69	a
60 días	16h00	91.10	4	2.69	a
60 días	08h00	92.50	4	2.69	a

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

Anexo 3. Análisis estadístico de la altura de la planta (cm) de la alfalfa morada (*Medicago sativa*), a diferentes edades y horas post corte.

a. Resultados experimentales

EDAD PASTO	HORA DE CORTE	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
		I	II	III	IV		
45 días	08h00	63.96	60.05	64.68	67.77	256.46	64.115
45 días	10h00	73.83	60.90	66.91	65.45	267.09	66.7725
45 días	12h00	63.90	73.40	70.73	68.11	276.14	69.035
45 días	14h00	66.84	66.71	74.00	66.62	274.17	68.5425
45 días	16h00	61.81	62.96	63.79	62.80	251.36	62.84
45 días	18h00	67.75	64.12	64.67	65.56	262.1	65.525
60 días	08h00	85.29	76.91	80.60	86.42	329.22	82.305
60 días	10h00	84.77	87.10	77.25	76.50	325.62	81.405
60 días	12h00	85.23	88.72	86.11	76.91	336.97	84.2425
60 días	14h00	87.14	77.65	75.85	79.15	319.79	79.9475
60 días	16h00	82.21	80.73	76.57	76.70	316.21	79.0525
60 días	18h00	87.09	76.91	80.65	68.23	312.88	78.22

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

b. Análisis de la varianza.

CV (%) 5.87

F.V.	GL	SC	CM	F Cal	Prob
Total	47	3541.78			
Bloques	3	106.87	35.62	1.91	0.1465
Factor A	1	2601.47	2601.47	139.78	<0.0001
Factor B	5	160.06	32.01	1.72	0.1575
Interacción AB	5	59.21	11.84	0.64	0.6735
Error	33	614.17	18.61		

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

c. Separación de medias según Jollife ($P \leq 0.05$), por efecto de la edad del pasto.

EDAD DEL PASTO	MEDIAS	N	E.E.	RANGO
45 días	66.14	24	0.88	b
60 días	80.86	24	0.88	a

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

- d. Separación de medias según Jollife ($P \leq 0.05$), por efecto de las diferentes horas de corte.

HORA DEL CORTE	MEDIAS	N	E.E.	RANGO
16h00	70.95	8	1.53	a
18h00	71.87	8	1.53	a
08h00	73.21	8	1.53	a
10h00	74.09	8	1.53	a
14h00	74.25	8	1.53	a
12h00	76.64	8	1.53	a

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

- e. Separación de medias según Jollife ($P \leq 0.05$), por efecto de las interacciones entre la edad y las diferentes horas de corte.

EDAD DEL PASTO	HORA DEL CORTE	MEDIAS	N	E.E.	RANGO
45 días	16h00	62.84	4	2.16	a
45 días	08h00	64.12	4	2.16	a
45 días	18h00	65.53	4	2.16	a
45 días	10h00	66.77	4	2.16	a
45 días	14h00	68.54	4	2.16	a
45 días	12h00	69.04	4	2.16	a
60 días	18h00	78.22	4	2.16	a
60 días	16h00	79.05	4	2.16	a
60 días	14h00	79.95	4	2.16	a
60 días	10h00	81.41	4	2.16	a
60 días	08h00	82.31	4	2.16	a
60 días	12h00	84.24	4	2.16	a

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

Anexo 4. Análisis estadístico del contenido de carbohidratos solubles (°Bx) de la alfalfa morada (*Medicago sativa*), a diferentes edades y horas post corte.

a. Resultados experimentales

EDAD PASTO	HORA DE CORTE	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
		I	II	III	IV		
45 días	08h00	8.92	8.80	9.22	8.76	35.7	8.925
45 días	10h00	14.38	14.92	14.44	14.78	58.52	14.63
45 días	12h00	14.30	14.20	14.66	14.64	57.8	14.45
45 días	14h00	14.22	14.38	13.40	13.88	55.88	13.97
45 días	16h00	14.08	13.78	13.76	13.84	55.46	13.865
45 días	18h00	13.70	14.12	13.36	13.96	55.14	13.785
60 días	08h00	11.30	14.60	14.06	14.28	54.24	13.56
60 días	10h00	15.86	17.24	15.48	17.86	66.44	16.61
60 días	12h00	19.76	20.06	21.10	20.68	81.6	20.4
60 días	14h00	18.44	15.60	18.52	19.08	71.64	17.91
60 días	16h00	18.84	16.90	19.20	19.66	74.6	18.65
60 días	18h00	18.04	17.34	17.90	17.34	70.62	17.655

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

b. Análisis de la varianza.

CV (%) 5.41

F.V.	GL	SC	CM	F Cal	Prob
Total	47	434.36			
Bloques	3	2.68	0.89	1.29	0.2942
Factor A	1	211.01	211.01	305.14	<0.0001
Factor B	5	180.45	36.09	52.19	<0.0001
Interacción AB	5	17.40	3.48	5.03	0.0016
Error	33	22.82	0.69		

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

c. Separación de medias según Jollife ($P \leq 0.05$), por efecto de la edad del pasto.

EDAD DEL PASTO	MEDIAS	N	E.E.	RANGO
45 días	13.27	24	0.17	b
60 días	17.46	24	0.17	a

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

- d. Separación de medias según Jollife ($P \leq 0.05$), por efecto de las diferentes horas de corte.

HORA DEL CORTE	MEDIAS	N	E.E.	RANGO
08h00	11.24	8	0.29	c
10h00	15.62	8	0.29	b
18h00	15.72	8	0.29	b
14h00	15.94	8	0.29	b
16h00	16.26	8	0.29	b
12h00	17.43	8	0.29	a

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

- e. Separación de medias según Jollife ($P \leq 0.05$), por efecto de las interacciones entre la edad y las diferentes horas de corte.

EDAD DEL PASTO	HORA DEL CORTE	MEDIAS	N	E.E.	RANGO
45 días	08h00	8.93	4	0.42	d
60 días	08h00	13.56	4	0,42	c
45 días	18h00	13.79	4	0,42	c
45 días	16h00	13.87	4	0,42	c
45 días	14h00	13.97	4	0.42	c
45 días	12h00	14.45	4	0,42	c
45 días	10h00	14.63	4	0,42	c
60 días	10h00	16.61	4	0,42	b
60 días	18h00	17.66	4	0.42	b
60 días	14h00	17.91	4	0,42	b
60 días	16h00	18.65	4	0,42	b
60 días	12h00	20.40	4	0,42	a

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

f. Análisis de varianza de la regresión a los 45 días de edad

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de f
Regresión	4	92,6815083	23,1703771	259,073525	2,7553E-16
Residuos	19	1,699275	0,08943553		
Total	23	94,3807833			

	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	-267,417917	25,2057888	-10,609385	2,0128E-09	-320,174239	-214,661594	-320,174239	-214,661594
Variable X 1	83,8790278	8,40466974	9,98005042	5,435E-09	66,2878518	101,470204	66,2878518	101,470204
Variable X 2	-9,17934896	1,02075314	-8,9927217	2,8281E-08	-11,3158098	-7,04288807	-11,3158098	-7,04288807
Variable X 3	0,4383941	0,05362332	8,17543745	1,2125E-07	0,3261592	0,550629	0,3261592	0,550629
Variable X 4	-0,00772786	0,00103025	-7,50095689	4,3037E-07	-0,0098842	-0,00557153	-0,0098842	-0,00557153

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

g. Análisis de varianza de la regresión a los 60 días de edad

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F			
Regresión	2	83,2686598	41,6343299	19,132702	1,8573E-05			
Residuos	21	45,6977236	2,17608207					
Total	23	128,966383						

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	-9,78717857	4,89372664	-1,99994387	0,05860651	-19,9642402	0,3898831	-19,9642402	0,3898831
Variable X 1	4,10797321	0,78958077	5,202727	3,7194E-05	2,4659501	5,74999632	2,4659501	5,74999632
Variable X 2	-0,14475446	0,03017861	-4,79659115	9,7026E-05	-0,20751432	-0,0819946	-0,20751432	-0,0819946

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

Anexo 5. Análisis estadístico de la producción de biomasa verde (t/FV/ha/corte) de la alfalfa morada (*Medicago sativa*), a diferentes edades y horas post corte.

a. Resultados experimentales

EDAD PASTO	HORA DE CORTE	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
		I	II	III	IV		
45 días	08h00	19.12	18.29	17.26	17.49	72.16	18.04
45 días	10h00	17.09	17.80	16.18	16.67	67.74	16.935
45 días	12h00	19.10	18.76	18.04	15.69	71.59	17.8975
45 días	14h00	16.12	14.90	15.30	15.69	62.01	15.5025
45 días	16h00	13.50	16.20	14.14	13.10	56.94	14.235
45 días	18h00	12.63	11.50	10.96	10.50	45.59	11.3975
60 días	08h00	19.62	13.23	18.59	14.90	66.34	16.585
60 días	10h00	14.02	19.65	16.02	11.58	61.27	15.3175
60 días	12h00	18.58	17.98	12.80	15.03	64.39	16.0975
60 días	14h00	11.04	17.89	18.02	12.89	59.84	14.96
60 días	16h00	12.46	16.88	17.14	14.18	60.66	15.165
60 días	18h00	16.75	13.92	14.58	13.79	59.04	14.76

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

b. Análisis de la varianza.

CV (%) 12.87

F.V.	GL	SC	CM	F Cal	Prob
Total	47	302.58			
Bloques	3	29.43	9.81	2.44	0.0816
Factor A	1	0.42	0.42	0.10	0.7485
Factor B	5	99.69	19.94	4.96	0.0017
Interacción AB	5	40.46	8.09	2.01	0.1024
Error	33	132.58	4.02		

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

c. Separación de medias según Jollife ($P \leq 0.05$), por efecto de la edad del pasto.

EDAD DEL PASTO	MEDIAS	N	E.E.	RANGO
60 días	15.48	24	0.41	a
45 días	15.67	24	0.41	a

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

d. Separación de medias según Jollife ($P \leq 0.05$), por efecto de las diferentes horas de corte.

HORA DEL CORTE	MEDIAS	N	E.E.	RANGO
18h00	13.08	8	0.71	b
16h00	14.70	8	0.71	ab
14h00	15.23	8	0.71	ab
10h00	16.13	8	0.71	ab
12h00	17.00	8	0.71	a
08h00	17.31	8	0.71	a

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

e. Separación de medias según Jollife ($P \leq 0.05$), por efecto de las interacciones entre la edad y las diferentes horas de corte.

EDAD DEL PASTO	HORA DEL CORTE	MEDIAS	N	E.E.	RANGO
45 días	18h00	11.40	4	1.00	a
45 días	16h00	14.24	4	1.00	a
60 días	18h00	14.76	4	1.00	a
60 días	14h00	14.96	4	1.00	a
60 días	16h00	15.17	4	1.00	a
60 días	10h00	15.32	4	1.00	a
45 días	14h00	15.50	4	1.00	a
60 días	12h00	16.10	4	1.00	a
60 días	08h00	16.59	4	1.00	a
45 días	10h00	16.94	4	1.00	a
45 días	12h00	17.90	4	1.00	a
45 días	08h00	18.04	4	1.00	a

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

Anexo 6. Análisis estadístico de la producción de la materia seca (t/MS/ha/corte) de la alfalfa morada (*Medicago sativa*), a diferentes edades y horas post corte.

a. Resultados experimentales

EDAD PASTO	HORA DE CORTE	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
		I	II	III	IV		
45 días	08h00	3.42	3.27	3.09	3.13	12.91	3.2275
45 días	10h00	3.66	3.82	3.47	3.57	14.52	3.63
45 días	12h00	4.20	4.12	3.97	3.45	15.74	3.935
45 días	14h00	3.46	3.20	3.28	3.37	13.31	3.3275
45 días	16h00	2.96	3.56	3.10	2.88	12.5	3.125
45 días	18h00	2.68	2.44	2.33	2.23	9.68	2.42
60 días	08h00	4.15	2.80	3.93	3.15	14.03	3.5075
60 días	10h00	3.38	4.73	3.86	2.79	14.76	3.69
60 días	12h00	5.00	4.83	3.44	4.04	17.31	4.3275
60 días	14h00	3.05	4.94	4.97	3.56	16.52	4.13
60 días	16h00	3.36	4.55	4.62	3.82	16.35	4.0875
60 días	18h00	4.27	3.55	3.71	3.51	15.04	3.76

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

b. Análisis de la varianza.

CV (%) 13.93

F.V.	GL	SC	CM	F Cal	Prob
Total	47	22.17			
Bloques	3	1.75	0.58	2.32	0.0933
Factor A	1	4.91	4.91	19.55	0.0001
Factor B	5	4.93	0.99	3.93	0.0066
Interacción AB	5	2.30	0.46	1.83	0.1344
Error	33	8.29	0.25		

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

c. Separación de medias según Jollife ($P \leq 0.05$), por efecto de la edad del pasto.

EDAD DEL PASTO	MEDIAS	N	E.E.	RANGO
45 días	3.28	24	0.10	b
60 días	3.92	24	0.10	a

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

- d. Separación de medias según Jollife ($P \leq 0.05$), por efecto de las diferentes horas de corte.

HORA DEL CORTE	MEDIAS	N	E.E.	RANGO
18h00	3.09	8	0.18	b
08h00	3.37	8	0.18	ab
16h00	3.61	8	0.18	ab
10h00	3.66	8	0.18	ab
14h00	3.73	8	0.18	ab
12h00	4.13	8	0.18	a

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019

- e. Separación de medias según Jollife ($P \leq 0.05$), por efecto de las interacciones entre la edad y las diferentes horas de corte.

EDAD DEL PASTO	HORA DEL CORTE	MEDIAS	N	E.E.	RANGO
45 días	18h00	2.42	4	0.25	a
45 días	16h00	3.13	4	0.25	a
45 días	08h00	3.23	4	0.25	a
45 días	14h00	3.33	4	0.25	a
60 días	08h00	3.51	4	0.25	a
45 días	10h00	3.63	4	0.25	a
60 días	10h00	3.69	4	0.25	a
60 días	18h00	3.76	4	0.25	a
45 días	12h00	3.94	4	0.25	a
60 días	16h00	4.09	4	0.25	a
60 días	14h00	4.13	4	0.25	a
60 días	12h00	4.33	4	0.25	a

Realizado por: GUARANGA, Aurora, 2019